

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

# ТРУДЫ

СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО  
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА  
(ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА)

ВЫПУСК ДВАДЦАТЬ ТРЕТИЙ

ВЛАДИКАВКАЗ 2016

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Галачиева С. В. (гл. редактор), д-р эконом. наук, профессор  
Босиков И. И., канд. техн. наук, доцент  
Гончаров И. Н., д-р техн. наук, профессор  
Гроппен В. О., д-р техн. наук, профессор  
Делиева Л. М., канд. филолог. наук, профессор  
Евдокимов С. И., канд. техн. наук, доцент  
Клюев Р. В., д-р техн. наук, профессор  
Лолаева Д. Т., канд. филос. наук, доцент  
Лолаев А. Б., д-р техн. наук, профессор  
Осикина Р. В., д-р с.-х. наук, профессор  
Позднякова Т. А., д-р эконом. наук, профессор  
Тускаева З. Р., канд. техн. наук, доцент  
Темираев Р. Б., д-р с.-х. наук, профессор  
Хадзарагова Е. А., д-р техн. наук, профессор  
Хугаева Р. Г., канд. юрид. наук, доцент

В сборник "Труды Северо-Кавказского горно-металлургического института (государственного технологического университета)" включены статьи и представлены научные разработки преподавателей, сотрудников и студентов вуза.

УДК 004.67

*Аспирант БАЗАЕВА А. В.,  
д-р техн. наук, профессор ГУРИЕВ Т. С.,  
канд. техн. наук, доцент КАЛИНИЧЕНКО А. В.*

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА СТЕПЕНИ ОПТИМИЗАЦИИ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА**

*Разработанные методика, алгоритм и программный продукт обеспечивают возможность автоматизированного расчета степени оптимизации параметров архитектурно-строительного проекта и проекта в целом.*

**Ключевые слова:** *архитектурно-строительный проект, алгоритм, параметр.*

*Bazaeva A.V., Guriev T.S., Kalinichenko A.V.*

## **PROGRAM FOR CALCULATION OPTIMIZATION DEGREE OF ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION PROJECT**

*The aim of the article is to develop method, algorithm and software make it possible to calculate degree of optimization architectural and construction project parameters, and project as a whole.*

В процессе подготовки и реализации архитектурно-строительного проекта проектанту приходится сталкиваться со значительным количеством параметров, определяющих саму структуру и содержание проекта. Достичь наилучших показателей каждого параметра, вне сомнений, является актуальной задачей. В ходе исследований выявлены параметры проектирования архитектурно-строительных объектов и определено их влияние на оптимизацию проектов [1], предложены методика и критерии определения действительной величины оптимизации параметров архитектурно-строительного проекта и проекта в целом, подробно описанные в [2].

Как показала архитектурно-строительная практика, к основным параметрам проектирования следует отнести следующие [1]:

- геометрически обоснованная форма проектируемого объекта в целом и корректное геометрическое сочетание его отдельных элементов между собой;
- надежная конструкция проекта в целом, корректные и обоснованные решения отдельных элементов конструкции и их взаимодействие;
- эстетически приемлемый внешний вид объекта;
- возможность графической реализации проекта приемами инженерной и компьютерной графики;
- возможность реализации макета проектируемого объекта;
- архитектурная сочетаемость проектируемого объекта с окружающими его постройками и с ландшафтом местности;
- возможность возведения проектируемого объекта современными средствами и технологиями;

- климатический параметр проектируемого объекта;
- обоснованность и приемлемость экономических затрат на реализацию проекта.

Для определения степени оптимизации отдельных параметров и архитектурно-строительного проекта в целом введены следующие исходные данные:

1) Количество параметров в проекте. Количество параметров в проекте  $n = 5 \div 15$ .

2) Каждый параметр проекта содержит некоторое количество компонентов, в совокупности определяющих структуру самого параметра. Количество компонентов может колебаться от 5 до 15.

Для оценки степени оптимизации отдельных параметров и проекта в целом вводится балльная система оценок. Максимальный балл проекта – 100.

Максимальное значение оптимизации параметра проекта определяется из выражения:

$$P_{\max} = \frac{100}{n}, \quad (1)$$

где  $n$  – количество параметров в проекте.

Действительная величина оптимизации параметра проекта отличается от  $P_{\max}$  в меньшую сторону и может быть определена полученным в процессе исследований выражением:

$$P_{\text{действ}} = \frac{P_{\max}(t-1)}{4}, \quad (2)$$

где  $t$  – оценка параметра по влиянию на нее компонентов;

4 – количество оценочных планов параметра, соответствующих оценкам: отлично, хорошо, удовлетворительно и неудовлетворительно.

На начальном этапе определения степени оптимизации архитектурно-строительного проекта определяется степень оптимизации отдельных параметров проекта (с использованием полученных в результате исследований аналитических зависимостей) по формулам (1) и (2).

Определив степень оптимизации всех параметров проекта, представляется возможным определить суммарную величину оптимизации проекта  $S_{np}$ . Предлагается рассматривать дифференцированную и универсальную модели.

В основу универсальной модели положен принцип примерного равенства значимости параметров проекта между собой:

$$S_{np} = P_{\text{действ}} \cdot n. \quad (3)$$

В действительности значимость отдельных параметров проекта отличается друг от друга. В этом случае рациональнее использовать дифференцированную модель:

$$S_{np} = P_{1\text{действ}} + P_{2\text{действ}} + \dots + P_{n\text{действ}}. \quad (4)$$

Определив  $S_{np}$ , определяем соответствующую разработанным критериям оценку проекту (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно) и в соответствии с этой оценкой делаем выводы по проекту относительно возможности принятия объекта или необходимости его доработки.



Рассмотрим пример расчета степени оптимизации архитектурно-строительного проекта.

Пусть в рассматриваемом проекте 8 параметров. Будем полагать, что параметры  $P_1, P_2, P_3$  теоретически могут быть оценены по 15 баллов каждый, то есть  $P_{1\max} = P_{2\max} = P_{3\max} = 15$  баллов. Остальные параметры проекта (также теоретически) могут быть оценены по 11 баллов каждый:

$$P_{4\max} = P_{5\max} = P_{6\max} = P_{7\max} = P_{8\max} = 11 \text{ баллов} .$$

Таким образом, на первые три параметра приходится 45 баллов, на остальные – 55 баллов, таким образом, максимальный балл проекта – 100 баллов.

Допустим, что по предложенной методике определены оценки параметра по четырехбалльной системе следующим образом:

$$t_{11} = 4, t_{12} = 5, t_{13} = 4, t_{14} = 3, t_{15} = 4, t_{16} = 5, t_{17} = 3, t_{18} = 4 .$$

Определим действительную величину оптимизации каждого параметра проекта:

$$P_{1\text{действ}} = \frac{15 \cdot 3}{4} = 11,25 \text{ балла} , P_{2\text{действ}} = \frac{15 \cdot 4}{4} = 15 \text{ баллов} ,$$

$$P_{3\text{действ}} = \frac{15 \cdot 3}{4} = 11,25 \text{ балла} , P_{4\text{действ}} = \frac{11 \cdot 2}{4} = 5,5 \text{ баллов} ,$$

$$P_{5\text{действ}} = \frac{11 \cdot 3}{4} = 8,25 \text{ баллов} , P_{6\text{действ}} = \frac{11 \cdot 4}{4} = 11 \text{ баллов} ,$$

$$P_{7\text{действ}} = \frac{11 \cdot 2}{4} = 5,5 \text{ баллов} , P_{8\text{действ}} = \frac{11 \cdot 3}{4} = 8,25 \text{ баллов} .$$

Определив значения  $P_{i\text{действ}}$ ,  $i = 1 \dots N$  параметров проекта, находим суммарную величину оптимизации проекта. Суммарная величина оптимизации проекта  $S_{np}$  будет равна 76 баллов. В соответствии с принятыми критериями оценок, проект оценивается на «хорошо».

На основании результатов выполненных исследований разработано программное обеспечение, позволяющее выполнять расчет степени оптимизации архитектурно-строительного проекта. В качестве среды разработки использована платформа Microsoft .NET Framework, язык C#. Алгоритм работы программы представлен на рисунке 1.

Для качественной и количественной оценок влияния того или иного параметра на проект в целом предусматривается градация каждого параметра на составляющие его компоненты. Эти компоненты вписываются в характеристики параметров, что позволяет оценивать влияние того или иного параметра на проект в целом. Например, параметр «конструктивное решение проекта» может определяться следующими требованиями:

– конструкция сооружения должна обладать высокими прочностными характеристиками, то есть балки, фермы, панели, перекрытия и т. д. должны иметь высокий запас прочности, что гарантирует долговечность их эксплуатации;

– конструкция сооружения должна обладать возможностью выполнения необходимого текущего ремонта сооружения.

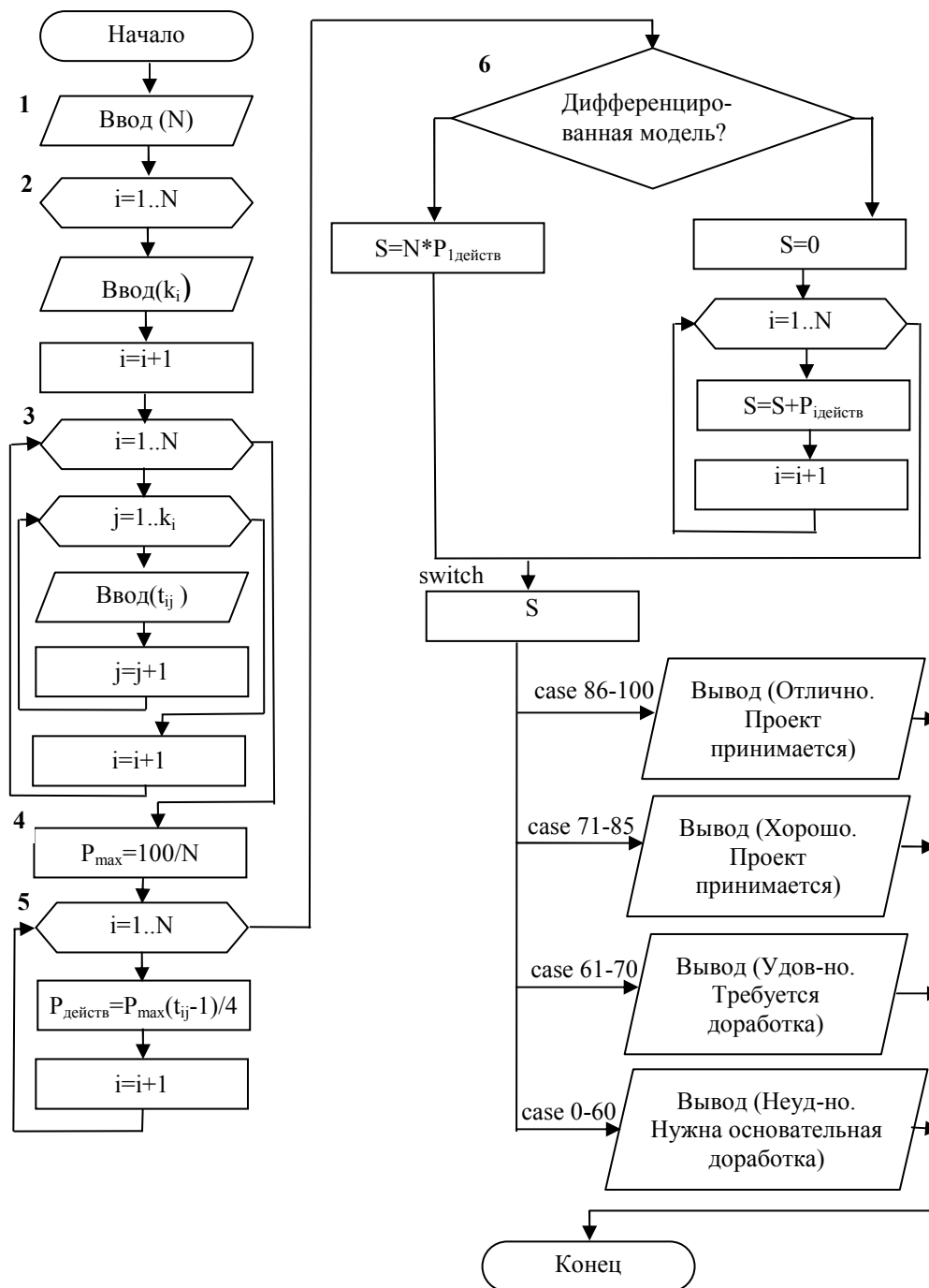


Рис. 1. Схема алгоритма

Интерфейс программного обеспечения представлен на рисунке 2.

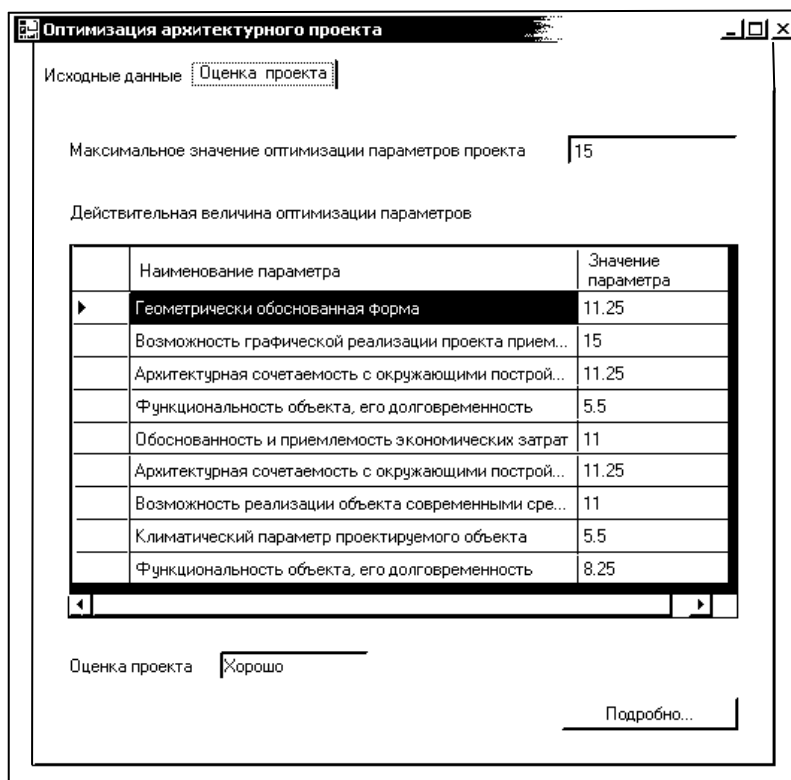


Рис. 2. Интерфейс программного комплекса

В проанализированных литературных источниках по проектированию архитектурно-строительных проектов нет методик, аналогичных предложенной нами.

В результате выполненных исследований разработаны алгоритм и программный продукт, обеспечивающие возможность автоматизированного расчета степени оптимизации параметров архитектурно-строительного проекта и проекта в целом, способные принимать обоснованные решения по оценке степени оптимизации архитектурно-строительного проекта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Гуриев Т. С., Цаболова М. М., Баликоев А. А., Базаева А. В.* Параметры проектирования архитектурно-строительных объектов и их влияние на оптимизацию проектов // Устойчивое развитие горных территорий. 2013. № 4. С. 50–53.

2. *Гуриев Т.С., Баликоев А.А., Максимова И.П., Цаболова М.М., Базаева А.В.* Методика и критерии определения действительной величины оптимизации параметров архитектурно-строительного проекта// Устойчивое развитие горных территорий. 2014. № 1(19). С. 15–18.



*Д-р техн. наук, профессор ГРОППЕН В. О.,  
канд. техн. наук, доцент ПРОСКУРИН А. Е.*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ РАЗВЕРНУТЫХ КОНДЕНСАТОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СИЛ ГРАВИТАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ВАКУУМЕ**

*В статье представлены результаты экспериментов по контролю сил гравитационного взаимодействия в вакууме с помощью развернутых конденсаторов, базой которых является альтернативная Стандартной Модели интерпретация закона Хаббла. Полученные результаты дают шанс на создание принципиально новых двигателей и систем управления, не обладающих подвижными частями.*

**Ключевые слова:** гравитация, контроль, развернутый конденсатор, высокое напряжение, вакуум, подъемная сила.

*Groppen V. O., Proskurin A. Y.*

### **THE USE OF HIGH-VOLTAGE DEPLOYED CAPACITORS FOR THE CONTROL OF THE FORCES OF GRAVITATIONAL INTERACTION IN VACUUM**

*The article presents the results of experiments on the control of the gravitational interaction forces in a vacuum by means of deployed capacitors which is based on an alternative interpretation of the Standard Model of the Hubble law. The results obtained give us the chance to create a fundamentally new engines and control systems being free of moving parts.*

**Keywords:** gravity, control, deployed capacitor, high voltage, vacuum lifting force.

#### **Введение**

Более века усилий, связанных с использованием электричества для описания сил гравитационного взаимодействия и управления ими [1–7], увенчались появлением двух направлений. В то время, как одно из них, связанное с использованием коронного разряда [1, 2, 4], не противоречит Стандартной Модели, созданной благодаря работам [8–10], развиваемый ниже подход, предложенный в [11–13, 15], будучи альтернативой Стандартной Модели, базируется на вариабельности эталонов. В основе этого подхода лежит альтернативное объяснение закона Хаббла, основанное, как отмечено выше, на вариабельности эталонов, используемых для измерения расстояний и времени, которое было предложено в 2009–2013 годах в [6–8]. Следствием этого явился вывод о спонтанной потере массы всеми физическими телами, использованный в [8–12] для объяснения сил гравитационного взаимодействия и их контроля. Благодаря этой потере массы:

1. Любое физическое тело подвергается действию реактивных сил, которые в однородной окружающей среде уравниваются.

2. Любое физическое тело, поверхность которого покрыта заряженными развернутыми конденсаторами, подвержено действию направленных вовне сил, перпендикулярных поверхности этого тела.

3. Благодаря ограничениям на величину энергии, накапливаемой этими конденсаторами, и фиксированной массе любого физического тела, развитый в [11–13] подход позволяет предсказать наличие верхней границы подъемной силы для любого образца.

4. Представленные в [12–17] результаты экспериментов в целом подтверждают этот вывод, однако наличие воздушной среды в сочетании с высоким напряжением не исключают влияния на результаты экспериментов движения в воздухе заряженных частиц и ионов, подобно тому, как это имеет место в эффекте Бифельда–Брауна [1, 2, 4].

Чтобы минимизировать это влияние, описываемые ниже эксперименты ставились в области пониженного давления таким образом, чтобы с помощью уравнений регрессии можно было прогнозировать величину подъемной силы в условиях космического вакуума. Так как в этом случае были приняты меры, позволившие исключить влияние полевых эффектов и искровых разрядов в вакууме, конструкция развернутых конденсаторов и использованная аппаратура отличались от описанной в [12, 14, 16, 17]. Таким образом, целями настоящей статьи являются:

1. Экспериментальное доказательство слабого влияния давления воздуха на подъемную силу, создаваемую развернутым конденсатором, что дает возможность использовать этот эффект для создания нового типа космических транспортных средств.

2. Экспериментальное доказательство наличия верхней границы величины подъемной силы для любого физического тела, покрытого заряженными развернутыми конденсаторами в вакууме.

3. Определение наиболее перспективных направлений дальнейших исследований в этой области.

## 1. Контроль сил гравитационного взаимодействия с помощью развернутых конденсаторов

Полагаем, что спонтанная эмиссия массы  $m_A$  физическим телом «А» в направлении  $\varphi$ , зависит от величины  $m_A$  и плотности окружающей среды в направлении  $\varphi$ , обозначаемой ниже  $\rho_\varphi$ . При этом справедливы два условия:

$$\begin{cases} \lim_{\rho_\varphi \rightarrow \infty} \left. \frac{dm_A}{dt} \right|_{\varphi} = 0; \\ \lim_{\rho_\varphi \rightarrow 0} \left. \frac{dm_A}{dt} \right|_{\varphi} = -k_1 m_A, \end{cases} \quad (1)$$

где  $k_1$  – некоторая константа.

Одной из моделей, удовлетворяющих системе (1), является:

$$\left. \frac{dm_A}{dt} \right|_{\varphi} = -k_1 m_A e^{-\rho_{\varphi}}. \quad (2)$$

Так как  $|\rho_{\varphi}| \ll 1$ , уравнение (2) можно заменить следующим:

$$\left. \frac{dm_A}{dt} \right|_{\varphi} = -k_1 m_A (1 - \rho_{\varphi}). \quad (3)$$

В соответствии с уравнением Мещерского [18], реактивная сила  $F_{-\varphi}$ , действующая на тело «А» в направлении, противоположном  $\varphi$ , определяется выражением:

$$F_{-\varphi} = V \left. \frac{dm_A}{dt} \right|_{\varphi} = -V k_1 m_A (1 - \rho_{\varphi}), \quad (4)$$

где  $V$  – относительная скорость эмитируемых телом «А» частиц.

Разность приложенных к телу «А» разнонаправленных сил  $F_{-\varphi}$  и  $F_{\varphi}$ , обозначим  $F_A$ :

$$F_A = F_{\varphi} - F_{-\varphi} = V \left. \frac{dm_A}{dt} \right|_{\varphi} = -V k_1 m_A \rho_{\varphi} \quad (5)$$

Если величина  $\rho_{\varphi}$  определяется телом «В», находящимся на расстоянии  $R$  от тела «А», то  $\rho_{\varphi}$ , с учетом (3), прямо пропорционально массе этого тела и обратно пропорционально  $R^2$ :

$$\rho_{\varphi} = k_2 m_B R^{-2}, \quad (6)$$

где  $k_2$  – коэффициент пропорциональности.

Подставляя (6) в (5), получим уравнение:

$$F_A = -V k_1 k_2 \frac{m_A m_B}{R^2}, \quad (7)$$

совпадающее с уравнением гравитационного взаимодействия Ньютона при условии, что произведение  $-V k_1 k_2$  равно гравитационной постоянной  $G$ .

В ходе описанных ниже экспериментов в качестве тел «А» использовались тонкие прямоугольные стеклянные пластины, а в качестве тела «В» – расположенный вплотную над каждой такой пластиной развернутый конденсатор, рабочая поверхность которого совпадала с площадью одной из сторон пластины. Энергия этого конденсатора равна:

$$E_B = 0,5 C U^2, \quad (8)$$

где  $C$  – емкость конденсатора,

$U$  – подаваемое на него напряжение.

Эквивалентная масса этой энергии  $m_B$  определяется выражением:

$$m_B = \frac{C_B U_B^2}{2c^2}, \quad (9)$$

где  $c$  – скорость света.

С учетом постоянства величин « $c$ » и « $C_B$ », производная  $dm_B/dt$  равна:

$$\frac{dm_B}{dt} = \frac{C_B U_B}{c^2} \frac{dU}{dt}. \quad (10)$$

Геометрия развернутых конденсаторов позволяет пренебречь их торцевой поверхностью, а их расположение вплотную над телом «А» дает возможность определить величину  $\rho_\phi$  следующим образом:

$$\rho_\phi = k_3 \frac{C_B U_B}{2c^2} \frac{dU}{dt}, \quad (11)$$

где  $k_3$  – константа.

Подставляя (11) в (5), получим величину подъемной силы, действующей на тело «А»:

$$F_A = K m_A C_B U_B \frac{dU}{dt}, \quad (12)$$

где коэффициент  $K = \frac{k_1 k_3 V}{2c^2}$ .

Уравнение (12) позволяет предсказать некоторые свойства подъемной силы  $F_A$  при постоянной величине емкости  $C_B$  применительно к различным иным условиям экспериментов:

1. Использование в ходе экспериментов импульсных источников напряжения и сравнительно низких величин  $U_B$  соответствует линейной зависимости подъемной силы от напряжения.

2. Для двух «пробных» тел «А1» и «А2», массы которых  $m_{A1}$  и  $m_{A2}$  близки, величина отношения соответствующих подъемных сил в вакууме  $F_{A1} / F_{A2}$ , при равной величине  $U_B$  на обкладках развернутого конденсатора, близка к единице.

Далее приведены условия и результаты экспериментальной проверки приведенного выше прогноза.

## 2. Постановка и результаты экспериментов

Для предотвращения искровых разрядов в рабочей зоне конденсатора при напряжениях до 20 кв, последняя конструировалась герметичной, все проводящие элементы были изготовлены из меди, материалом всех остальных компонент служил фторопласт (рис. 1а).

В ходе экспериментов стеклянные пластины размещались горизонтально в чаше прецизионных весов, установленных под вакуумным колпаком, вплотную под развернутым конденсатором (рис. 1б), вес которого равнялся 168 г, а емкость – 18,2 пф, подаваемое на конденсатор напряжение менялось в диапазоне 0–20 кв с шагом 5 кв. Используемые стеклянные пластины представляли собой семь тонких прямоугольников, вес которых был заключен в диапазоне 19–128 г, а площадь поверхности равнялась площади поверхности рабочей области конденсатора (табл. 1).

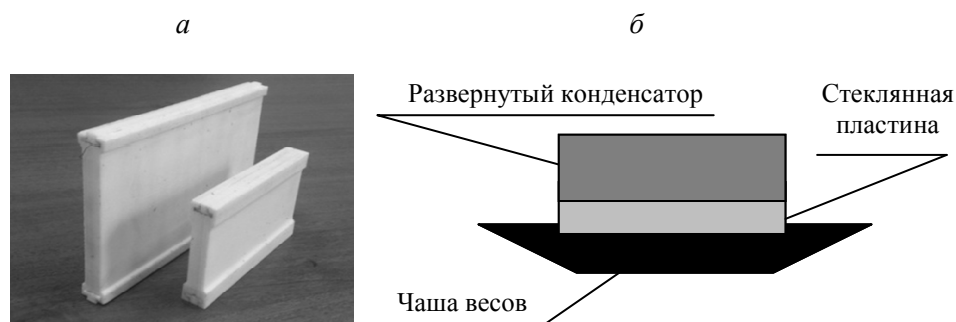


Рис. 1. Внешний вид и взаимное расположение в ходе экспериментов развернутого конденсатора, тела «А» и чаши весов: а – внешний вид развернутых конденсаторов; б – взаимное расположение развернутого конденсатора, стеклянной пластины и чаши весов

Давление в зоне эксперимента менялось в диапазоне 0,07–750 мм ртутного столба, для каждой комбинации груз – фиксированные значения давления и напряжения, осуществлялось десять замеров величины подъемной силы  $\Delta F$  с интервалом 3–5 секунд и их среднеарифметическое значение заносилось в соответствующую таблицу.

Масса, г	Длина	Ширина	Толщина
19	0,1	0,04	0,002
36	0,1	0,04	0,004
57	0,1	0,04	0,006
71	0,1	0,04	0,008
93	0,1	0,04	0,01
110	0,1	0,04	0,012
128	0,1	0,04	0,014

\* Геометрические параметры пластин приведены в метрах.

Верхние границы величины  $F_A$  в вакууме для всех образцов, располагавшихся под развернутым конденсатором (см. табл. 1), определялись на основании эмпирических зависимостей вида:

$F_A = S[1 - \exp(-QP)]$ , (13) где «S» и «Q» – коэффициенты, а «P» – атмосферное давление.



$$\text{Легко убедиться, что: } F_{A \max} = \lim_{P \rightarrow 0} \{ S \cdot [1 - \exp(-Q \cdot P)] \} = S. \quad (14)$$

На рис. 2 приведены зависимости подъемной силы в вакууме применительно к образцам, описанным в табл. 1, определенные на основании (14) по экспериментальным данным.

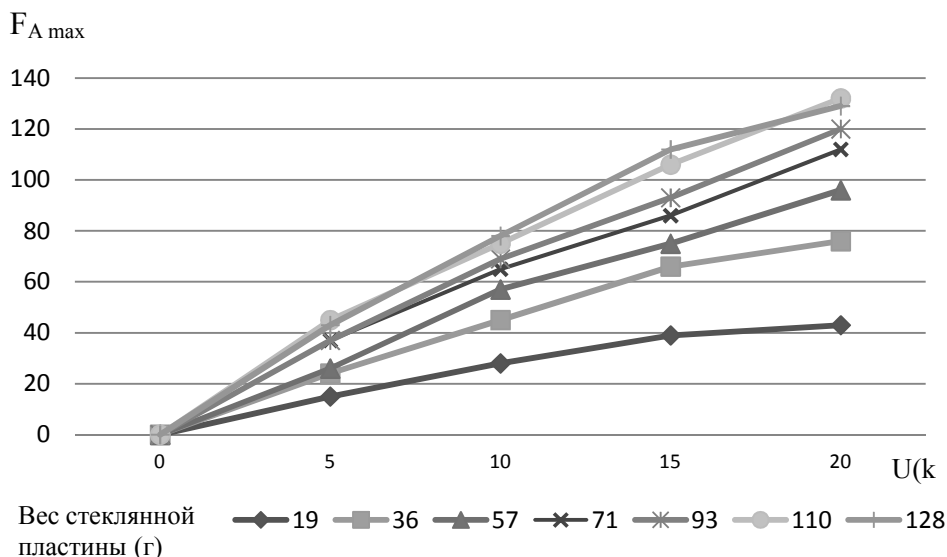


Рис. 2. Зависимости подъемной силы в вакууме применительно к образцам, описанным в табл. 1

### Заключение

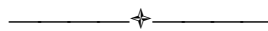
Выводы, полученные по результатам экспериментов:

1. Экспериментально результаты подтверждают справедливость основных положений и выкладок, изложенных в первом параграфе.
2. Изменения давления воздуха в зоне экспериментов не влияли существенно на характер зависимостей подъемной силы от напряжения применительно к каждому образцу. Таким образом, влияние эффекта Бифельда-Брауна [1, 4] на результаты экспериментов можно не учитывать.
3. Полученные данные дают шанс на создание принципиально нового двигателя для космических транспортных систем на основе развернутых конденсаторов: корпус, покрытый такого рода конденсаторами, может служить одновременно двигательной установкой и рулями.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Brown T. T. How I control gravity// ScienceandInformation Magazine. Aug. 1929. Reprinted in Psychic Observer 37 (1): P. 66–67.*
2. *Buehler D. R. Exploratory Research on the Phenomenon of the Movement of High Voltage Capacitors” / Journal of Space Mixing / April 2004, vol. 2, P. 1–22.*

3. *Jefimenko O. D.* Causality, electromagnetic induction, and gravitation: a different approach to the theory of electromagnetic and gravitational fields. Electret Scientific. ISBN 0-917406-09-5, 1992.
4. *Tajmar M.* Biefeld-Brown Effect: Misinterpretation of Corona Wind Phenomena // American Institute of Aeronautics and Astronautics Journal, 42: 315, DOI:10.2514/1.9095 (2004).
5. *L. Filipe Costa, Carlos A. R. Herdeiro.* A gravito-electromagnetic analogy based on tidal tensors // Physical Review. D78 (2). 2007.
6. *Acke A.* GRAVITATION EXPLAINED BY THE THEORY OF INFORMATONS. Gent: Uitgeverij Nevelland, 2008.
7. *Heaviside O.* A gravitational and electromagnetic analogy" // The Electrician 3, P. 81–82, 1893.
8. *Lemaître G.* UnUnivers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques. Annales de la Société Scientifique de Bruxelles. 1927 (French).
9. *Hubble E. P.* A relation between distance and radial velocity among extragalactic nebulae // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Vol. 15. No. 3 p. P. 167–173. 1929.
10. *Friedman A.* On the Curvature of Space // Z. Phys. 10 (1). 1922. P. 377–386. (Ger.)
11. *Groppen V. O.* Kinematics in space with variable linear measurement standards // Proceedings of the International Conference: Mathematics and Astronomy: A joint long Journey. Madrid, Spain. 23–27 November 2009. P. 149–155.
12. *Groppen V. O.* Manifestations of Measurement Standards Variability in the Universe Modeling // Lambert Academic Publishing. Saarbrücken, Germany. 2013. 76 p.
13. *Groppen V. O.* Gravity as a Sum of Reaction Forces. Recent Advances in Robotics, Aeronautical & Mechanical Engineering // Proceedings of the 1-st International Conference on Mechanical and Robotics Engineering. Proceedings of the 1-st International Conference on Aeronautical and Mechanical and Engineering. Vouliagmeni. Athens. Greece. May 14–16, 2013. P. 155–160.
14. *Groppen V. O.* Gravity control: modeling and experiments // Proceedings of the 2014 International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Development II (EEED'14). Prague, Czech Republic. April 2–4, 2014. P. 15–17.
15. *Groppen V. O.* The Hubble Law and Gravity as Manifestations of Linear Measurement Standards Variability // Journal of Modeling, Simulation, Identification and Control, Columbia International Publishing. Vol. 3. No. 1, 2015. P. 1–12.
16. *Groppen V. O.* The Gravity Control Experiments: Sensors, Equipment, Results // Proceedings of the International Conference on Applied Physics, Simulation and Computers (APSAC 2015). Vienna. Austria. March 15–17, 2015. P. 210–214.
17. *Groppen V. O.* Gravity forces as a tool for the experimental verification of the universe simulators based on the measurement standards variability // INTERNATIONAL JOURNAL OF MATHEMATICAL MODELS AND METHODS IN APPLIED SCIENCES, ISSN: 1998-0140. Volume 9. 2015. P. 345–351.
18. *Miele A.* Flight Mechanics. Volume 1: Theory of Flight Paths. Addison-Wesley Pub., 1962, 416 p.



Канд. техн. наук, доцент СТЕПАНОВ А. Л.,  
д-р техн. наук, профессор ДЕДЕГКАЕВ А. Г.,  
канд. техн. наук, доцент ДОРОШ Н. В.\*

### ОРИЕНТИРОВАННАЯ ДЛЯ САПР УНИВЕРСАЛЬНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Данная работа является завершающей в построении универсальной математической модели (ММ) вихретокового трансформаторного преобразователя (ВТП), предназначенного для неразрушающего вихретокового контроля (ВТК) плоских проводящих сред. В обобщенном виде представления в ней содержатся выражения, описывающие ММ накладного, погружного, экранного и щелевого ВТП с обмоткой возбуждения и измерительной обмоткой линейно-протяженной формы и поперечным сечением в виде многоугольника: выражения для вектор-потенциалрезультатирующего поля, создаваемого обмоткой возбуждения и полной ЭДС, наводимой в измерительной обмотке, а также составляющих этих параметров. Имеются ссылки на работы, где даны развернутые выражения для расчета указанных параметров.

**Ключевые слова:** вихретоковый преобразователь, обмотка возбуждения, измерительная обмотка, полный, вносимый вектор-потенциал, вектор-потенциал начального поля, начальная, вносимая, полная ЭДС измерительной обмотки.

Stepanov A. L., Dedegkaev A. G., Dorosh N. V.

### SOFTWARE CAD FOR NON-DESTRUCTIVE EDDY CURRENT TESTING OF FLAT CONDUCTIVE PRODUCTS

This work is in the final build of universal mathematical model (MM) transformer eddy current probe pre-assigned to non-destructive eddy current testing is a flat conductive medium. It contains statements describing mathematical model for surface, submersible, screening and slotted eddy current probe with the drive winding and a measuring winding is linearly extended shape and a cross-section in the form of a polygon in a generalized form of representation of the vector potential resulting field produced by the drive winding and total EMF induced in the measuring winding and the components of these parameters. There are references to work, where are given detailed expressions for the calculation of the mentioned parameters.

**Key words:** eddy current probe, the drive winding, measuring winding, full, added of the vector potential, the vector-potential of the initial field, the initial, added, full EMF measuring winding.

Данная работа завершает построение универсальной математической модели (ММ) вихретокового преобразователя (ВТП) для неразрушающего

---

\* Львовский Национальный медицинский университет им. М. Д. Галицкого (г. Львов, Украина)

вихретокового контроля (ВТК) плоских проводящих сред. Ранее в работах [1–8] рассмотрены:

1. Постановка и решение задачи об электромагнитном поле, создаваемом нитевидной двухпроводной линией или нитевидными двухпроводными линиями с синусоидальным током, помещенными вблизи многослойных проводящих сред. При этом получены выражения, описывающие результирующее поле и его составляющие в любой области рассматриваемого пространства с помощью векторного потенциала поля, а также с помощью других основных векторов поля;

2. Построение ММ накладного или погружного трансформаторного ВТП, включающей обмотку возбуждения (ОВ) и измерительную обмотку (ИО) линейно-протяженной или круглой формы с поперечным сечением в виде:

- \* нитевидных проводников;
- \* двухпроводных многожильных линий;
- \* проводящих пластин (идеально тонких или идеально коротких);
- \* проводящих шин с поперечным сечением в виде прямоугольника.

К ограничениям полученных результатов следует отнести:

– рассмотренные поперечные сечения ММ обмоток не охватывают все необходимые их формы, которые могут моделировать реальные обмотки ВТП, в том числе формы поперечного сечения в виде гладкой [9] замкнутой фигуры (эллипс, окружность и т. д.);

– необходимо расширить функциональную область использования данных преобразователей в процессе ВТК, дополнив указанные модели модели экранных и щелевых трансформаторных ВТП.

Целью настоящей работы является дальнейшее совершенствование уже созданной указанной ММ ВТП путем расширения функциональных возможностей ММ ее обмоток и ММ ВТП в целом. Также целью работы является обобщение, систематизация и построение однотипных по структуре математических моделей как уже созданных вариантов, так и вариантов ММ ВТП, рассмотренных в данной работе.

Это достигается созданием ММ обмоток ВТП линейно-протяженной формы с поперечным сечением в виде многоугольника и включением в общую модель трансформаторного преобразователя ММ экранного и щелевого ВТП. Разработка унифицированных математических выражений, описывающих указанные ММ ВТП, является основной задачей работы.

Следует заметить, что ММ ВТП с обмотками линейно-протяженной формы известны в литературе [10–13]. Однако они образованы отдельными нитевидными проводниками, т.е. являются простейшими ММ. Приведенные в [3, 4] и полученные в данной работе модели ВТП более адекватны реальным условиям работы преобразователя. Развернутые выражения для расчета выходных характеристик последних являются слишком громоздкими, чтобы привести их в одной работе. Поэтому представим их в компактном (интегральном) виде, но в тоже время достаточно детально опишем закономерность построения их аналогов в развернутом виде.

Опишем координатные системы, в которых представим результаты решения задачи. Для иллюстрации решения используем обобщенную схему расположения ВТП, линейно-протяженные обмотки которого здесь представлены с поперечным сечением в виде выпуклого многоугольника, а также многослойных проводящих сред (рис.1). Допущения, связанные с представлением обмоток ВТП в виде линейно-протяженной формы, изложены в [4].

На рисунке изображены две обмотки возбуждения (ОВ1 и ОВ2) и две измерительные обмотки (ИО1 и ИО2). Определим правую декартову прямоугольную систему координат  $O_b x_b y_b$ , как основную систему (basic system), такую же  $O_a x_a y_a$  – как дополнительную систему (additional system) и связанные с ними вспомогательные системы координат ( $O'_b x'_b y'_b, O''_b x''_b y''_b, O'_a x'_a y'_a, O''_a x''_a y''_a$  на рис. 1).

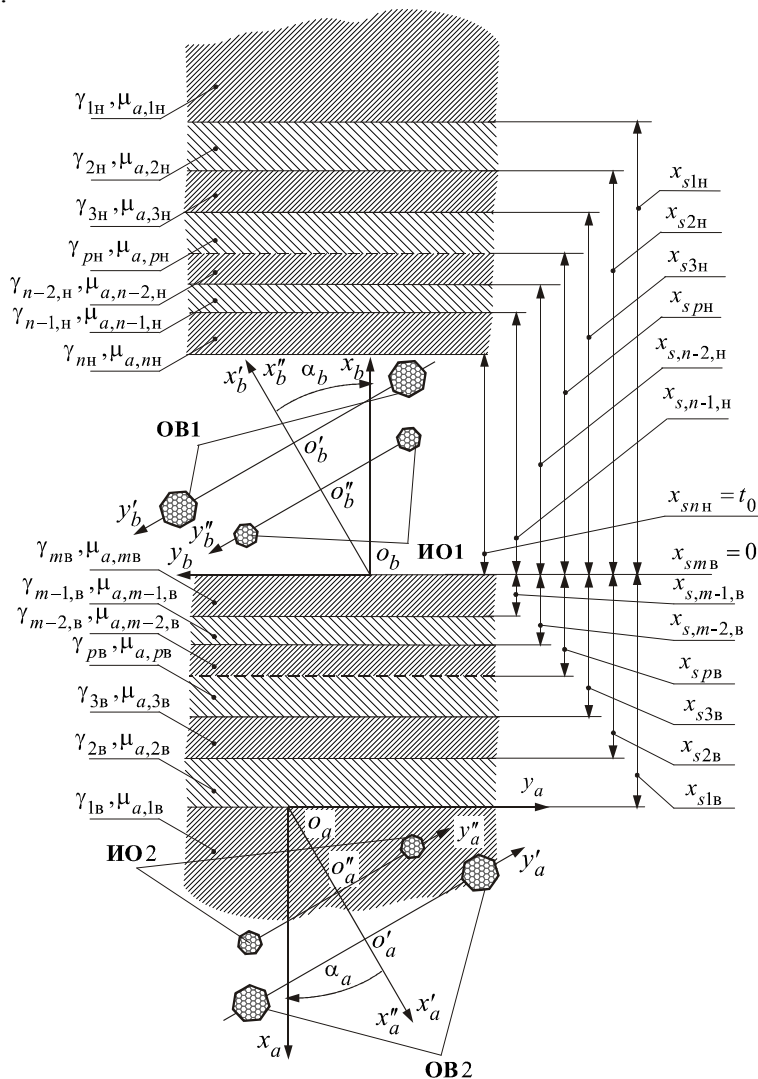


Рис. 1. Схемы расположения обмоток ВТП и многослойной проводящей среды

В последних считаем заданными координаты вершин многоугольников, следовательно, заданной является площадь поперечного сечения обмоток [14].

Выделим в плоскости поперечного сечения обмотки ОВ1 (на правой и левой ее половинах) две точки  $\mathbf{A}_{b1}$  и  $\mathbf{B}_{b1}$  симметрично относительно оси  $O'_b x'_b$  и обозначим координаты этих точек  $\mathbf{A}_{b1}(x'_{b1\xi\chi}; y'_{b1\xi\chi})$ ;  $\mathbf{B}_{b1}(x'_{b2\xi\chi}; y'_{b2\xi\chi})$  в системе  $O'_b x'_b y'_b$ . Используем текущие ортогональные координаты  $\xi$  и  $\chi$ , имеющие область определения на площади поперечного сечения ОВ1 и связанные с точками  $\mathbf{A}_{b1}$  и  $\mathbf{B}_{b1}$  соотношениями:

$$x'_{b1\xi\chi} = \xi; y'_{b1\xi\chi} = \chi; x'_{b2\xi\chi} = \xi; y'_{b2\xi\chi} = -\chi.$$

С помощью формул преобразования [14] определим координаты точек  $\mathbf{A}_{b1}$  и  $\mathbf{B}_{b1}$  в базовой системе  $O_b x_b y_b$ :

$$\begin{aligned} x_{b1\xi\chi} &= x'_{bo} + \xi \cos \alpha_1 - \chi \sin \alpha_1; y_{b1\xi\chi} = y'_{bo} + \xi \sin \alpha_1 + \chi \cos \alpha_1; \\ x_{b2\xi\chi} &= x'_{bo} + \xi \cos \alpha_1 + \chi \sin \alpha_1; y_{b2\xi\chi} = y'_{bo} + \xi \sin \alpha_1 - \chi \cos \alpha_1, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $x'_{bo}, y'_{bo}$  – координаты центра  $O'$  в системе  $O_b x_b y_b$ .

Аналогичным образом выделим и определим следующие точки на площади поперечного сечения других обмоток:

\* для ОВ2 – точки  $\mathbf{A}_{a1}(x'_{a1\xi\chi}; y'_{a1\xi\chi})$ ;  $\mathbf{B}_{a1}(x'_{a2\xi\chi}; y'_{a2\xi\chi})$  с текущими координатами:

$$x'_{a1\xi\chi} = \xi; y'_{a1\xi\chi} = \chi; x'_{a2\xi\chi} = \xi; y'_{a2\xi\chi} = -\chi;$$

\* для ИО1 – точки  $\mathbf{A}_{b2}(x'_{b3\sigma\nu}; y'_{b3\sigma\nu})$ ;  $\mathbf{B}_{b2}(x'_{b4\sigma\nu}; y'_{b4\sigma\nu})$  с текущими координатами:

$$x'_{b3\sigma\nu} = \sigma; y'_{b3\sigma\nu} = \nu; x'_{b4\sigma\nu} = \sigma; y'_{b4\sigma\nu} = -\nu;$$

\* для ИО2 – точки  $\mathbf{A}_{a2}(x'_{a3\sigma\nu}; y'_{a3\sigma\nu})$ ;  $\mathbf{B}_{a2}(x'_{a4\sigma\nu}; y'_{a4\sigma\nu})$  с текущими координатами:

$$x'_{a3\sigma\nu} = \sigma; y'_{a3\sigma\nu} = \nu; x'_{a4\sigma\nu} = \sigma; y'_{a4\sigma\nu} = -\nu.$$

Используем выражения для преобразования координат аналогичные (1). Определим координаты указанных точек в основной и дополнительной системах координат:

$$\mathbf{A}_{b1}(x_{b1\xi\chi}; y_{b1\xi\chi}); \mathbf{B}_{b1}(x_{b2\xi\chi}; y_{b2\xi\chi});$$

$$\mathbf{A}_{a1}(x_{a1\xi\chi}; y_{a1\xi\chi}); \mathbf{B}_{a1}(x_{a2\xi\chi}; y_{a2\xi\chi});$$

$$\mathbf{A}_{b2}(x_{b3\sigma\nu}; y_{b3\sigma\nu}); \mathbf{B}_{b2}(x_{b4\sigma\nu}; y_{b4\sigma\nu});$$

$$\mathbf{A}_{a2}(x_{a3\sigma\nu}; y_{a3\sigma\nu}); \mathbf{B}_{a2}(x_{a4\sigma\nu}; y_{a4\sigma\nu}),$$

координаты точек  $\mathbf{A}_{b1}; \mathbf{B}_{b1}$  и  $\mathbf{A}_{b2}; \mathbf{B}_{b2}$ , преобразованные из системы  $O_b x_b y_b$  в систему  $O_a x_a y_a$ :

$$\begin{aligned} & \mathbf{A}_{bal}(x_{bal\xi\chi}; y_{bal\xi\chi}); \mathbf{B}_{bal}(x_{ba2\xi\chi}; y_{ba2\xi\chi}); \\ & \mathbf{A}_{ba2}(x_{ba3\sigma\nu}; y_{ba3\sigma\nu}); \mathbf{B}_{ba2}(x_{ba4\sigma\nu}; y_{ba4\sigma\nu}) \end{aligned}$$

и координаты точек  $\mathbf{A}_{a1}; \mathbf{B}_{a1}$  и  $\mathbf{A}_{a2}; \mathbf{B}_{a2}$ , преобразованные из системы  $O_a x_a y_a$  в систему  $O_b x_b y_b$ :

$$\begin{aligned} & \mathbf{A}_{abl}(x_{abl\xi\chi}; y_{abl\xi\chi}); \mathbf{B}_{abl}(x_{ab2\xi\chi}; y_{ab2\xi\chi}); \\ & \mathbf{A}_{ab2}(x_{ab3\sigma\nu}; y_{ab3\sigma\nu}); \mathbf{B}_{ab2}(x_{ab4\sigma\nu}; y_{ab4\sigma\nu}). \end{aligned}$$

Условно будем считать координаты точек  $\mathbf{A}_{b1}; \mathbf{B}_{b1}$  и отдельно  $\mathbf{A}_{a1}; \mathbf{B}_{a1}$ , как координаты двух воображаемых нитевидных двухпроводных линий с синусоидальным током, создающих электромагнитное поле. Также условно будем считать координаты точек  $\mathbf{A}_{b2}; \mathbf{B}_{b2}$  и отдельно  $\mathbf{A}_{a2}; \mathbf{B}_{a2}$ , как координаты таких же линий, но предназначенных для наведения в них ЭДС. Такой подход позволяет использовать полученные ранее первоначальные ММ ВТП на основе нитевидных двухпроводных линий [2,4–6,8].

В качестве примера рассмотрим построение универсальной ММ погружного ВТП с поперечным сечением линейно-протяженных обмоток в виде выпуклого многоугольника. В работах [2,4] описаны выражения, составляющие основу первоначальной ММ такого ВТП. С учетом введенных обозначений координат выделенных точек эти выражения имеют вид:

- выходные характеристики воображаемой нитевидной двухпроводной линии с током, проходящей через точки  $\mathbf{A}_{b1}(x'_{b1\xi\chi}; y'_{b1\xi\chi}); \mathbf{B}_{b1}(x'_{b2\xi\chi}; y'_{b2\xi\chi})$  в поперечном сечении ОВ1:

$$\dot{A}_0 = \frac{i\mu_0}{4\pi} \ln \frac{(x - x_{b2\xi\chi})^2 + (y - y_{b2\xi\chi})^2}{(x - x_{b1\xi\chi})^2 + (y - y_{b1\xi\chi})^2};$$

$$\begin{aligned} \dot{A}_{\text{вн}} = & \frac{i\mu_0}{2\pi} \int_0^\infty \left[ \frac{\underline{F}_1(\lambda, x_{b1\xi\chi})e^{\lambda x} + \underline{F}_2(\lambda, x_{b1\xi\chi})e^{-\lambda x}}{\lambda \underline{F}} \cos \lambda (y - y_{b1\xi\chi}) - \right. \\ & \left. - \frac{\underline{F}_3(\lambda, x_{b2\xi\chi})e^{\lambda x} + \underline{F}_4(\lambda, x_{b2\xi\chi})e^{-\lambda x}}{\lambda \underline{F}} \cos \lambda (y - y_{b2\xi\chi}) \right] d\lambda; \end{aligned}$$

$$\dot{A}_d = \dot{A}_0 + \dot{A}_{\text{вн}};$$

- выходные характеристики воображаемой двухпроводной линии, проходящей через точки  $\mathbf{A}_{b2}(x'_{b3\sigma\nu}; y'_{b3\sigma\nu})$ ;  $\mathbf{B}_{b2}(x'_{b4\sigma\nu}; y'_{b4\sigma\nu})$  в поперечном сечении ИО1 (описывают результирующее поле линии и ее составляющие):

$$\begin{aligned}\dot{E}_0 &= -j\omega \frac{\dot{I}\mu_0}{2\pi} \ln \frac{(x_{b3\sigma\nu} - x_{b2\xi\chi})^2 + (y_{b3\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi})^2}{(x_{b3\sigma\nu} - x_{b1\xi\chi})^2 + (y_{b3\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi})^2} = \\ &= j\omega \frac{\dot{I}\mu_0}{2\pi} \ln \frac{(x_{b4\sigma\nu} - x_{b2\xi\chi})^2 + (y_{b4\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi})^2}{(x_{b4\sigma\nu} - x_{b1\xi\chi})^2 + (y_{b4\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi})^2}; \\ \dot{E}_{\text{вн}} &= j\omega \frac{\dot{I}\mu_0}{2\pi} \int_0^\infty \left[ \frac{\underline{F}_1(\lambda, x_{b1\xi\chi})e^{\lambda x_{b3\sigma\nu}} + \underline{F}_2(\lambda, x_{b1\xi\chi})e^{-\lambda x_{b3\sigma\nu}}}{\lambda \underline{F}} \cos \lambda (y_{b3\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi}) - \right. \\ &\quad - \frac{\underline{F}_3(\lambda, x_{b2\xi\chi})e^{\lambda x_{b3\sigma\nu}} + \underline{F}_4(\lambda, x_{b2\xi\chi})e^{-\lambda x_{b3\sigma\nu}}}{\lambda \underline{F}} \cos \lambda (y_{b3\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi}) + \\ &\quad + \frac{\underline{F}_1(\lambda, x_{b1\xi\chi})e^{\lambda x_{b4\sigma\nu}} + \underline{F}_2(\lambda, x_{b1\xi\chi})e^{-\lambda x_{b4\sigma\nu}}}{\lambda \underline{F}} \cos \lambda (y_{b4\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi}) - \\ &\quad \left. - \frac{\underline{F}_3(\lambda, x_{b2\xi\chi})e^{\lambda x_{b4\sigma\nu}} + \underline{F}_4(\lambda, x_{b2\xi\chi})e^{-\lambda x_{b4\sigma\nu}}}{\lambda \underline{F}} \cos \lambda (y_{b4\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi}) \right] d\lambda; \\ \dot{E}_d &= \dot{E}_0 + \dot{E}_{\text{вн}}.\end{aligned}$$

1. Определение выходных характеристик универсальной ММ погружного ВТП (ОВ2 и ИО2 отсутствуют) получим интегрированием по площади поперечного сечения многоугольника выражений для указанных воображаемых линий. В результате приходим к обобщенной форме представления выходных характеристик этой модели ВТП. Некоторые развернутые выражения выходных характеристик такой модели приведены в [4,12]:

- вектор-потенциал начального поля:

$$\dot{A}_{0k} = \frac{\dot{I}\mu_0 w_1}{4\pi S_1} \iint_{S_1} \ln \frac{(x - x_{b2\xi\chi})^2 + (y - y_{b2\xi\chi})^2}{(x - x_{b1\xi\chi})^2 + (y - y_{b1\xi\chi})^2} dS_1; \quad (2)$$

- вносимый вектор-потенциал:

$$\dot{A}_{\text{внк}} = -\frac{\dot{I}\mu_0 w_1}{2\pi S_1} \int_0^\infty \int_{S_1} \left[ \frac{\underline{F}_1(\lambda, x_{b1\xi\chi})e^{\lambda x} + \underline{F}_2(\lambda, x_{b1\xi\chi})e^{-\lambda x}}{\lambda \underline{F}} \cos \lambda (y - y_{b1\xi\chi}) - \right.$$



$$\left. \frac{\underline{F}_3(\lambda, x_{b2\xi\chi})e^{\lambda x} + \underline{F}_4(\lambda, x_{b2\xi\chi})e^{-\lambda x}}{\lambda \underline{F}} \cos \lambda(y - y_{b2\xi\chi}) \right] d(S_1) d\lambda; \quad (3)$$

- полный вектор-потенциал поля:

$$\dot{A}_{dk} = \dot{A}_{0k} + \dot{A}_{\text{внк}}; \quad (4)$$

- начальная ЭДС ИО1:

$$\begin{aligned} \dot{E}_{0k} &= -j\omega \frac{\dot{I}\mu_0 w_1 w_2}{2\pi S_1 S_2} \iiint_{S_1} \iiint_{S_2} \ln \frac{(x_{b3\sigma\nu} - x_{b2\xi\chi})^2 + (y_{b3\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi})^2}{(x_{b3\sigma\nu} - x_{b1\xi\chi})^2 + (y_{b3\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi})^2} d(S_1) d(S_2) = \\ &= j\omega \frac{\dot{I}\mu_0 w_1 w_2}{2\pi S_1 S_2} \iiint_{S_1} \iiint_{S_2} \ln \frac{(x_{b4\sigma\nu} - x_{b2\xi\chi})^2 + (y_{b4\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi})^2}{(x_{b4\sigma\nu} - x_{b1\xi\chi})^2 + (y_{b4\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi})^2} d(S_1) d(S_2); \quad (5) \end{aligned}$$

- вносимая ЭДС ИО1:

$$\begin{aligned} \dot{E}_{\text{внк}} &= j\omega \frac{\dot{I}\mu_0 w_1 w_2}{2\pi S_1 S_2} \int_0^\infty \iiint_{S_1} \iiint_{S_2} \left[ \frac{\underline{F}_1(\lambda, x_{b1\xi\chi})e^{\lambda x_{b3\sigma\nu}} + \underline{F}_2(\lambda, x_{b1\xi\chi})e^{-\lambda x_{b3\sigma\nu}}}{\lambda \underline{F}} \times \right. \\ &\times \cos \lambda(y_{b3\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi}) - \frac{\underline{F}_3(\lambda, x_{b2\xi\chi})e^{\lambda x_{b3\sigma\nu}} + \underline{F}_4(\lambda, x_{b2\xi\chi})e^{-\lambda x_{b3\sigma\nu}}}{\lambda \underline{F}} \cos \lambda(y_{b3\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi}) + \\ &+ \frac{\underline{F}_1(\lambda, x_{b1\xi\chi})e^{\lambda x_{b4\sigma\nu}} + \underline{F}_2(\lambda, x_{b1\xi\chi})e^{-\lambda x_{b4\sigma\nu}}}{\lambda \underline{F}} \cos \lambda(y_{b4\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi}) - \\ &\left. - \frac{\underline{F}_3(\lambda, x_{b2\xi\chi})e^{\lambda x_{b4\sigma\nu}} + \underline{F}_4(\lambda, x_{b2\xi\chi})e^{-\lambda x_{b4\sigma\nu}}}{\lambda \underline{F}} \cos \lambda(y_{b4\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi}) \right] d(S_1) d(S_2) d\lambda; \quad (6) \end{aligned}$$

- полная ЭДС ИО1:

$$\dot{E}_{dk} = \dot{E}_{0k} + \dot{E}_{\text{внк}}. \quad (7)$$

Установлено, что интегрирование по площади многоугольника в поперечном сечении обмотки, независимо от вида подынтегрального выражения, после взятия первого интеграла, можно представить в виде алгебраической суммы линейных интегралов, взятых вдоль каждой стороны этого многоугольника. Особенности получения развернутых выражений для первообразных этих интегралов и определения их знаков приведены в [3,7].

2. Для накладного ВТП (помимо условий по пункту 1 отсутствует многослойная среда, расположенная сверху на рисунке). Выражения, описывающие первоначальную модель такого ВТП, приведены в [2,5]:

- вектор-потенциал начального поля определяет формула (2);
- вносимый вектор-потенциал:

$$\dot{A}_{\text{внк}} = -\frac{\dot{I}\mu_0 w_1}{2\pi S_1} \int_0^\infty \iint_{S_1} \frac{1 - (\lambda/\mu_0) \underline{D}_{\text{мв}}(\lambda)}{\lambda [1 + (\lambda/\mu_0) \underline{D}_{\text{мв}}(\lambda)]} \left[ e^{-\lambda(x+x_{b1\xi\chi})} \cos\lambda(y-y_{b1\xi\chi}) - e^{-\lambda(x+x_{b2\xi\chi})} \cos\lambda(y-y_{b2\xi\chi}) \right] d(S_1) d\lambda; \quad (8)$$

- полный вектор-потенциал поля определяет выражение (4);
- начальную ЭДС ИО1 определяет формула (5);
- вносимая ЭДС:

$$\dot{E}_{\text{внк}} = j\omega \frac{\dot{I}\mu_0 w_1 w_2}{2\pi S_1 S_2} \int_0^\infty \iiint_{S_1} \iiint_{S_2} \left\{ \frac{1 - (\lambda/\mu_0) \underline{D}_{\text{мв}}(\lambda)}{\lambda [1 + (\lambda/\mu_0) \underline{D}_{\text{мв}}(\lambda)]} \left[ e^{-\lambda(x_{b3\sigma\nu} + x_{b1\xi\chi})} \cos\lambda(y_{b3\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi}) - e^{-\lambda(x_{b3\sigma\nu} + x_{b2\xi\chi})} \cos\lambda(y_{b3\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi}) + e^{-\lambda(x_{b4\sigma\nu} + x_{b1\xi\chi})} \cos\lambda(y_{b4\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi}) - e^{-\lambda(x_{b4\sigma\nu} + x_{b2\xi\chi})} \cos\lambda(y_{b4\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi}) \right] \right\} d(S_1) d(S_2) d\lambda; \quad (9)$$

- полную ЭДС ВТП определит формула (7).

3. Для экранного ВТП (отсутствуют многослойная среда, расположенная выше ОВ1 на рисунке, также отсутствуют ИО1, ОВ2. Слой 1В является диэлектрическим). Выражения, описывающие первоначальную модель такого ВТП, приведены в [2,6]:

- вектор-потенциал начального поля определит формула (2);
- вносимый вектор-потенциал (описывает поле вихревых токов в слое 1В):

$$\dot{A}_{1\text{вк}} = -\frac{\dot{I}\mu_0 w_1}{2\pi S_1} \int_0^\infty \iint_{S_1} \left[ \frac{1}{\lambda} \frac{2e^{\lambda T}}{\underline{P}_m(\lambda) + (\lambda/\mu_0) \underline{Q}_m(\lambda)} \left[ e^{-\lambda(x_{b1\xi\chi} - x)} \cos\lambda(y - y_{b1\xi\chi}) - e^{-\lambda(x_{b2\xi\chi} - x)} \cos\lambda(y - y_{b2\xi\chi}) \right] \right] d(S_1) d\lambda; \quad (10)$$

- начальная ЭДС ИО2:

$$\dot{E}_{0k} = -j\omega \frac{\dot{I}\mu_0 w_1 w_4}{2\pi S_1 S_4} \iiint_{S_1} \iiint_{S_4} \ln \frac{(x_{ab3\sigma\nu} - x_{b2\xi\chi})^2 + (y_{ab3\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi})^2}{(x_{ab3\sigma\nu} - x_{b1\xi\chi})^2 + (y_{ab3\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi})^2} d(S_1) d(S_4) = j\omega \frac{\dot{I}\mu_0 w_1 w_4}{2\pi S_1 S_4} \iiint_{S_1} \iiint_{S_4} \ln \frac{(x_{ab4\sigma\nu} - x_{b2\xi\chi})^2 + (y_{ab4\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi})^2}{(x_{ab4\sigma\nu} - x_{b1\xi\chi})^2 + (y_{ab4\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi})^2} d(S_1) d(S_4); \quad (11)$$

- вносимая ЭДС измерительной обмотки ИО2:

$$\begin{aligned} \dot{E}_{\text{внк}} = j\omega \frac{\dot{I}\mu_0 w_1 w_4}{2\pi S_1 S_4} \int_0^\infty \iiint_{S_1} \iiint_{S_4} \left\{ \frac{1}{\lambda} \frac{2e^{\lambda T}}{P_m(\lambda) + (\lambda/\mu_0) Q_m(\lambda)} \times \right. \\ \left. \left[ e^{-\lambda(x_{b1\xi\chi} - x_{ab3\sigma\nu})} \cos\lambda(y_{ab3\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi}) - e^{-\lambda(x_{b2\xi\chi} - x_{3b3\sigma\nu})} \cos\lambda(y_{ab3\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi}) + \right. \right. \\ \left. \left. + e^{-\lambda(x_{b1\xi\chi} - x_{ab4\sigma\nu})} \cos\lambda(y_{ab4\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi}) - \right. \right. \\ \left. \left. - e^{-\lambda(x_{b2\xi\chi} - x_{ab4\sigma\nu})} \cos\lambda(y_{ab4\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi}) \right] \right\} d(S_1) d(S_4) d\lambda; \quad (12) \end{aligned}$$

- полную ЭДС ВТП определит формула (7).

4. Для щелевого ВТП (отсутствует многослойная среда выше ОВ1 на рисунке и слой 1В является диэлектрическим). Выражения, описывающие первоначальную модель такого ВТП, приведены в [2,5,6]:

- вектор-потенциал начального поля:

$$\begin{aligned} \dot{A}_{0k} = \frac{\dot{I}\mu_0 w_1}{4\pi S_1} \iint_{S_1} \ln \frac{(x - x_{b2\xi\chi})^2 + (y - y_{b2\xi\chi})^2}{(x - x_{b1\xi\chi})^2 + (y - y_{b1\xi\chi})^2} dS_1 + \\ + \frac{\dot{I}\mu_0 w_3}{4\pi S_3} \iint_{S_3} \ln \frac{(x - x_{ab2\xi\chi})^2 + (y - y_{ab2\xi\chi})^2}{(x - x_{ab1\xi\chi})^2 + (y - y_{ab1\xi\chi})^2} dS_3; \quad (13) \end{aligned}$$

- вносимый вектор-потенциал (описывает поле вихревых токов в области расположения ОВ1 и ИО1; присвоим этому слою индекс 0):

$$\begin{aligned} \dot{A}_{\text{вн}0k\Sigma} = \dot{A}_{\text{вн}0k} + \dot{A}_{10k} = \\ = -\frac{\dot{I}\mu_0 w_1}{2\pi S_1} \int_0^\infty \iiint_{S_1} \frac{1}{\lambda} \frac{1 - (\lambda/\mu_0) \underline{D}_{\text{мв}}(\lambda)}{1 + (\lambda/\mu_0) \underline{D}_{\text{мв}}(\lambda)} \left[ e^{-\lambda(x+x_{b1\xi\chi})} \cos\lambda(y - y_{b1\xi\chi}) - \right. \\ \left. - e^{-\lambda(x+x_{b2\xi\chi})} \cos\lambda(y - y_{b2\xi\chi}) \right] d(S_1) d\lambda + \\ + \frac{\dot{I}\mu_0 w_3}{2\pi S_3} \int_0^\infty \iiint_{S_1} \left[ \frac{1}{\lambda} \frac{2e^{\lambda T}}{P'_m(\lambda) + (\lambda/\mu_0) Q'_m(\lambda)} \left[ e^{-\lambda(x_{ab1\xi\chi} - x)} \cos\lambda(y - y_{ab1\xi\chi}) - \right. \right. \\ \left. \left. - e^{-\lambda(x_{ab2\xi\chi} - x)} \cos\lambda(y - y_{ab2\xi\chi}) \right] \right] d(S_3) d\lambda; \quad (14) \end{aligned}$$

- вносимый вектор-потенциал (описывает поле вихревых токов в слое 1В):

$$\begin{aligned}
\dot{A}_{\text{BHk}\Sigma} &= \dot{A}_{\text{BH}1k} + \dot{A}_{01k} = \\
&= -\frac{\dot{I}\mu_0 w_3}{2\pi S_3} \int_0^\infty \int_{S_3} \frac{1}{\lambda} \frac{1 - (\lambda/\mu_0) \underline{D}'_{mB}(\lambda)}{1 + (\lambda/\mu_0) \underline{D}'_{mB}(\lambda)} \left[ e^{-\lambda(x+x_{a1\xi\chi})} \cos\lambda(y-y_{a1\xi\chi}) - \right. \\
&\quad \left. - e^{-\lambda(x+x_{a2\xi\chi})} \cos\lambda(y-y_{a2\xi\chi}) \right] d(S_1) d\lambda + \\
&+ \frac{\dot{I}\mu_0 w_1}{2\pi S_1} \int_0^\infty \int_{S_1} \left[ \frac{1}{\lambda} \frac{2e^{\lambda T}}{\underline{P}_m(\lambda) + (\lambda/\mu_0) \underline{Q}_m(\lambda)} \left[ e^{-\lambda(x_{ba1\xi\chi}-x)} \cos\lambda(y-y_{ba1\xi\chi}) - \right. \right. \\
&\quad \left. \left. - e^{-\lambda(x_{ba2\xi\chi}-x)} \cos\lambda(y-y_{ba2\xi\chi}) \right] d(S_1) d\lambda ; \quad (15)
\end{aligned}$$

- векторный потенциал результирующего поля в слое 0 :

$$\dot{A}_{d0k} = \dot{A}_{0k} + \dot{A}_{\text{BH}0k\Sigma} \quad (16)$$

и в слое 1в :

$$\dot{A}_{d1bk} = \dot{A}_{0k} + \dot{A}_{\text{BH}0k\Sigma}, \quad (17)$$

- начальная ЭДС ИО1:

$$\begin{aligned}
\dot{E}_{00k} &= -j\omega \frac{\dot{I}\mu_0 w_1 w_2}{2\pi S_1 S_2} \iiint_{S_1} \iiint_{S_2} \ln \frac{(x_{b4\sigma\nu} - x_{b2\xi\chi})^2 + (y_{b4\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi})^2}{(x_{b3\sigma\nu} - x_{b1\xi\chi})^2 + (y_{b3\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi})^2} d(S_1) d(S_2) - \\
&- j\omega \frac{\dot{I}\mu_0 w_3 w_2}{2\pi S_3 S_2} \iiint_{S_3} \iiint_{S_2} \ln \frac{(x_{b4\sigma\nu} - x_{ab2\xi\chi})^2 + (y_{b4\sigma\nu} - y_{ab2\xi\chi})^2}{(x_{b3\sigma\nu} - x_{ab1\xi\chi})^2 + (y_{b3\sigma\nu} - y_{ab1\xi\chi})^2} d(S_3) d(S_2); \quad (18)
\end{aligned}$$

- начальная ЭДС ИО2:

$$\begin{aligned}
\dot{E}_{01k} &= -j\omega \frac{\dot{I}\mu_0 w_1 w_4}{2\pi S_1 S_4} \iiint_{S_1} \iiint_{S_4} \ln \frac{(x_{a4\sigma\nu} - x_{ba2\xi\chi})^2 + (y_{a4\sigma\nu} - y_{ba2\xi\chi})^2}{(x_{a3\sigma\nu} - x_{ba1\xi\chi})^2 + (y_{a3\sigma\nu} - y_{ba1\xi\chi})^2} d(S_1) d(S_4) - \\
&- j\omega \frac{\dot{I}\mu_0 w_3 w_4}{2\pi S_3 S_4} \iiint_{S_3} \iiint_{S_4} \ln \frac{(x_{a4\sigma\nu} - x_{a2\xi\chi})^2 + (y_{a4\sigma\nu} - y_{a2\xi\chi})^2}{(x_{a3\sigma\nu} - x_{a1\xi\chi})^2 + (y_{a3\sigma\nu} - y_{a1\xi\chi})^2} d(S_3) d(S_4); \quad (19)
\end{aligned}$$

- вносимая ЭДС ИО1:

$$\begin{aligned}
\dot{E}_{\text{внк}} = & j\omega \frac{\dot{I}\mu_0 w_1 w_2}{2\pi S_1 S_2} \int_0^\infty \int_{S_1} \int_{S_2} \left\{ \frac{1}{\lambda} \frac{1 - (\lambda/\mu_0) \underline{D}'_{mB}(\lambda)}{1 + (\lambda/\mu_0) \underline{D}'_{mB}(\lambda)} \right. \\
& \left[ e^{-\lambda(x_{b3\sigma\nu} + x_{b1\xi\chi})} \cos\lambda(y_{b3\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi}) - \right. \\
& - e^{-\lambda(x_{b3\sigma\nu} + x_{b2\xi\chi})} \cos\lambda(y_{b3\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi}) + e^{-\lambda(x_{b4\sigma\nu} + x_{b1\xi\chi})} \cos\lambda(y_{b4\sigma\nu} - y_{b1\xi\chi}) - \\
& \left. \left. - e^{-\lambda(x_{b4\sigma\nu} + x_{b2\xi\chi})} \cos\lambda(y_{b4\sigma\nu} - y_{b2\xi\chi}) \right] + \right. \\
& + j\omega \frac{\dot{I}\mu_0 w_2 w_3}{2\pi S_2 S_3} \int_0^\infty \int_{S_3} \int_{S_2} \frac{1}{\lambda} \frac{2e^{\lambda T}}{\underline{P}'_m(\lambda) + (\lambda/\mu_0) \underline{Q}'_m(\lambda)} \times \\
& \times \left[ e^{-\lambda(x_{ab1\xi\chi} - x_{b3\sigma\nu})} \cos\lambda(y_{b3\sigma\nu} - y_{ab1\xi\chi}) - e^{-\lambda(x_{ab2\xi\chi} - x_{b3\sigma\nu})} \cos\lambda(y_{b3\sigma\nu} - y_{ab2\xi\chi}) + \right. \\
& + e^{-\lambda(x_{ab1\xi\chi} - x_{b4\sigma\nu})} \cos\lambda(y_{b4\sigma\nu} - y_{ab1\xi\chi}) - \\
& \left. \left. - e^{-\lambda(x_{ab2\xi\chi} - x_{b4\sigma\nu})} \cos\lambda(y_{b4\sigma\nu} - y_{ab2\xi\chi}) \right] \right\} d(S_3) d(S_2) d\lambda; \quad (20)
\end{aligned}$$

- вносимая ЭДС ИО2:

$$\begin{aligned}
\dot{E}_{1\text{вк}} = & j\omega \frac{\dot{I}\mu_0 w_3 w_4}{2\pi S_3 S_4} \int_0^\infty \int_{S_3} \int_{S_4} \left\{ \frac{1}{\lambda} \frac{1 - (\lambda/\mu_0) \underline{D}'_{mB}(\lambda)}{1 + (\lambda/\mu_0) \underline{D}'_{mB}(\lambda)} \right. \\
& \left[ e^{-\lambda(x_{a3\sigma\nu} + x_{a1\xi\chi})} \cos\lambda(y_{a3\sigma\nu} - y_{a1\xi\chi}) - \right. \\
& - e^{-\lambda(x_{a3\sigma\nu} + x_{a2\xi\chi})} \cos\lambda(y_{a3\sigma\nu} - y_{a2\xi\chi}) + e^{-\lambda(x_{a4\sigma\nu} + x_{a1\xi\chi})} \cos\lambda(y_{a4\sigma\nu} - y_{a1\xi\chi}) - \\
& \left. \left. - e^{-\lambda(x_{a4\sigma\nu} + x_{a2\xi\chi})} \cos\lambda(y_{a4\sigma\nu} - y_{a2\xi\chi}) \right] + \right. \\
& + j\omega \frac{\dot{I}\mu_0 w_1 w_4}{2\pi S_1 S_4} \int_0^\infty \int_{S_1} \int_{S_4} \frac{1}{\lambda} \frac{2e^{\lambda T}}{\underline{P}'_m(\lambda) + (\lambda/\mu_0) \underline{Q}'_m(\lambda)} \times \\
& \times \left[ e^{-\lambda(x_{ba1\xi\chi} - x_{a3\sigma\nu})} \cos\lambda(y_{a3\sigma\nu} - y_{ba1\xi\chi}) - e^{-\lambda(x_{ba2\xi\chi} - x_{a3\sigma\nu})} \cos\lambda(y_{a3\sigma\nu} - y_{ba2\xi\chi}) + \right. \\
& + e^{-\lambda(x_{ba1\xi\chi} - x_{a4\sigma\nu})} \cos\lambda(y_{a4\sigma\nu} - y_{ba1\xi\chi}) - \\
& \left. \left. - e^{-\lambda(x_{ba2\xi\chi} - x_{a4\sigma\nu})} \cos\lambda(y_{a4\sigma\nu} - y_{ba2\xi\chi}) \right] \right\} d(S_4) d(S_1) d\lambda; \quad (21)
\end{aligned}$$

- полная ЭДС ИО1:

$$\dot{E}_{dk} = \dot{E}_{00k} + \dot{E}_{внк}$$

и полная ЭДС ИО2:

$$\dot{E}_{d1k} = \dot{E}_{01k} + \dot{E}_{1вк}.$$

В приведенных формулах обозначены:

$\dot{I}$  – комплекс действующего значения синусоидального тока в проводах обмоток и его угловая частота –  $\omega$ ;

$j$  – мнимая единица;

$\mu_0\mu = \mu_a$ ;  $\mu_0$  – магнитная постоянная,  $\mu$  – относительная и  $\mu_a$  – абсолютная магнитная проницаемость среды;

$T$  – толщина многослойной проводящей пластины;

$S_1(w_1)$ ,  $S_2(w_2)$ ,  $S_3(w_3)$ ,  $S_4(w_4)$  – площадь поперечного сечения и число проводников, уложенных на площади поперечного сечения ОВ1, ИО1, ОВ2, ИО2 соответственно.

При этом  $dS_1 = dS_3 = d\xi d\chi$ ,  $dS_2 = dS_4 = d\sigma dv$ ;

$\lambda$  – параметр интегрального преобразования Фурье.

Разработана методика расчета  $\dot{A}_{0k}$ ,  $\dot{A}_{внк}$ ,  $\dot{A}_{dk}$ ,  $\dot{E}_{0k}$ ,  $\dot{E}_{внк}$ ,  $\dot{E}_{dk}$  для ММ обмоток с поперечным сечением в виде гладкой фигуры (эллипса, круга и т. п.). Она основана на замене указанной гладкой фигуры эквивалентным эллипсом (рис.2). В системе координат  $O x''y''$ , связанной с половиной обмотки, уравнение эллипса известно:

$$\frac{x''^2}{((N_1N_{i+1})/2)^2} + \frac{y''^2}{((N_4N_{n-2})/2)^2} = 1. \quad (22)$$

Делят большую ось эллипса на четное число отрезков симметрично относительно оси  $y''$  (точки 1 – 7). Для каждой точки на эллипсе, полученной в результате деления его оси (точки  $N_1, N_2, N_3, \dots, N_i, \dots, N_n$ ), определяют её координату  $y''_{N_i}$  из (22) по установленной координате  $x''_{N_i}$  точками деления.

Используя уравнение касательной к точке  $N_i$ , как касательной к точке плоской кривой [14]:

$$y'' - y''_{N_i} = (x'' - x''_{N_i}) \frac{dy''}{dx''} \Big|_{x''=x''_{N_i}}, \quad (23)$$

где

$$\left. \frac{dy''}{dx''} \right|_{x''=x''_{N_i}} = - \frac{2 N_4 N_{n-2}}{(N_1 N_{i+1})^2} \frac{x''}{\sqrt{1-x''^2 / \left( \frac{N_1 N_{i+1}}{2} \right)^2}} \Bigg|_{x''=x''_{N_i}},$$

определяют ориентацию прямых  $C_1C_2, C_3C_4$  и так далее для каждой точки  $N_i (i \in \{1, 2, 3, n\})$ . Решая систему двух линейных уравнений типа (23), определяющих касательные соседних точек деления эллипса (например,  $N_i$  и  $N_{i+1}$  на рис.2), рассчитывают координаты точки их пересечения, как вершины предлагаемого многоугольника, описывающего эллипс (точка  $V_i(x''_{b_i}, y''_{b_i})$  на рис. 2). Зная координаты вершин, определяют площади многоугольника  $S_1$  и эллипса  $S_{эл}$ . После чего определяют погрешность замены эллипса многоугольником, которую сравнивают с предварительно заданной величиной:

$$\delta = (S_1 - S_{эл}) / S_{эл}.$$

При необходимости процесс вычислений повторяют, увеличивая вдвое число разбиений оси эллипса.

Для вычисления внешнего несобственного интеграла в выражениях (3, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 20, 21) необходимо представить в алгебраической форме комплексные постоянные интегрирования, входящие в указанные формулы. Выражения для комплексных величин  $\underline{F}_1(\lambda, x_{b1\xi\chi}), \underline{F}_2(\lambda, x_{b1\xi\chi}), \underline{F}_2(\lambda, x_{b1\xi\chi}), \underline{F}_2(\lambda, x_{b1\xi\chi}), \underline{F}(\lambda)$  в (3) известны [2,4]. Они в свою очередь включают постоянные интегрирования  $\underline{D}_{mv}$  и  $\underline{D}_{nn}$ , характеризующие электрические и магнитные свойства:

$m$ -слойной проводящей среды (внизу –  $v$ ) и

$n$ -слойной среды (наверху –  $n$ ) по отношению к ОВ1 и ИО1 (рис. 1). Они представлены известными рекуррентными соотношениями [13].

Комплексные величины  $\underline{P}_m(\lambda), \underline{Q}_m(\lambda), \underline{D}_{mv}, \underline{P}'_m, \underline{Q}'_m$  также являются постоянными интегрирования. Описывающие их рекуррентные формулы в обобщенном виде приведены в [2,6].

В [15] приведена методика и примеры нормировки постоянных интегрирования, а также параметров, описывающих выходные характеристики указанных ММ трансформаторного ВТП.

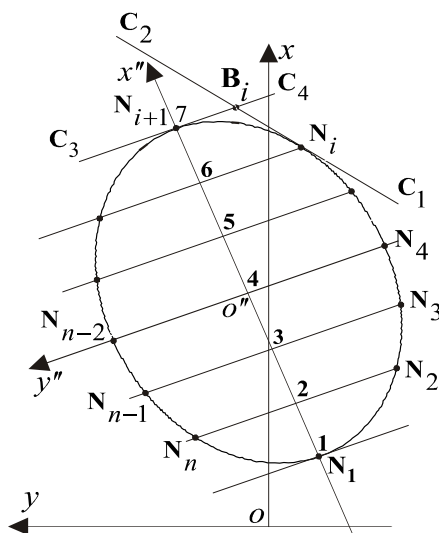


Рис. 2. Схема, поясняющая возможность замены обмотки с поперечным сечением в виде эллипса на многоугольник

Таким образом, в данной статье приведены обобщенные выражения, описывающие выходные характеристики ММ погружного, накладного, экранного и щелевого трансформаторного ВТП.

Приведена методика расчета таких моделей с обмотками, имеющими в поперечном сечении гладкую замкнутую фигуру.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов А. Л. Ориентированная для САПР универсальная ММ ВТК плоских проводящих сред. Часть 1. Постановка вспомогательной задачи // Труды Сев.-Кав. гор.-мет. ин-та. Вып. 21. Владикавказ. 2014. С. 103–111.
2. Степанов А. Л., Дедегкаев А. Г. Ориентированная для САПР универсальная ММ ВТК плоских проводящих сред. Часть 2. Решение задач для построения ММ // Труды Сев.-Кав. гор.-мет. ин-та. Вып. 21. Владикавказ. 2014. С. 112–122.
3. Дедегкаев А. Г., Степанов А. Л. Ориентированная для САПР универсальная ММ вихретокового преобразователя. Часть 1. Результирующее поле обмотки возбуждения // ВЕСТНИК Дагестанского государственного университета. Технические науки. № 1. (Т. 36). 2015. С. 70–78.
4. Степанов А. Л., Воронин П. А. Математическая модель линейно-протяженного вихретокового преобразователя для контроля плоских многослойных проводящих сред: Деп. в ВИНТИ 06.08.97. № 2619 - В97.
5. Степанов А. Л. Многослойное проводящее полупространство в электромагнитном поле нитевидной двухпроводной линии с синусоидальным током. Деп. в ВИНТИ 08.01.97. № 41 - В97.
6. Степанов А. Л., Воронин П. А. Многослойная проводящая пластина, расположенная между двумя двухпроводными линиями с синусоидальным



током //Труды Сев.-Кав. гос. технол. ун-та. Сб. научных трудов / СКГТУ, Владикавказ. 1996. Вып. 2. С. 129–135.

7. Степанов А. Л., Воронин П. А. Математическая модель обмотки возбуждения вихретокового преобразователя линейно-протяженной формы с поперечным сечением в виде многоугольника: Деп. в ВИНТИ 26.03.99 № 925 - В99.

8. Воронин П. А., Степанов А. Л. Математические основы автоматизированного проектирования режимов контроля и параметров вихретоковых преобразователей в однородных и неоднородных электромагнитных полях // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. Специальный выпуск «Математическое моделирование и компьютерные технологии». 2004. С. 89–93.

9. Никольский С. М. Курс математического анализа. Т. 1. М.: Наука, 1983. 461 с.

10. Беликов Е. Г. Сравнительный анализ линейно-протяженного и кругового преобразователей накладного типа. В кн.: Методы анализа цепей и испытания материалов //Труды МЭИ. Вып. 226. 1975. С. 59–68.

11. Беликов Е. Г., Герасимов В. Г., Кулаев Ю. В., Останин Ю. Я. Электродвижущая сила вихретокового преобразователя произвольной формы, расположенного параллельно многослойной среде // Дефектоскопия. 1978. № 1. С. 5–14.

12. Зацепин Н. Н., Татарников В. М. Теория накладного линейного преобразователя // Дефектоскопия. 1982. № 2. С. 10–15.

13. Герасимов В. Г., Ключев В. В., Шатерников В. Е. Методы и приборы электромагнитного контроля. М.: издательский дом «Спектр», 2010. 256 с.

14. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1974. 832 с.

15. Степанов А. Л., Дорош Н. В., Соин А. М. Нормировка параметров машинного анализа ММ ВТП// Труды Сев.-Кав. гор.-мет. ин-та. Вып. 22. Владикавказ. 2015. С. 32–43.



УДК 681.343.001

*Канд. техн. наук, доцент ТОМАЕВ М. Х.*

### **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ INLINE-ПОДСТАНОВОК В ПРОГРАММНЫХ АЛГОРИТМАХ, НАПИСАННЫХ НА ЯЗЫКЕ «C++»**

*Предлагается подход для оптимизации вызова функций методом макрозамен с помощью inline-подстановок. В работе формулируются критерии оптимальности различных стратегий макрозамен применительно к зацикленным программным алгоритмам. Models and approaches can be used during creation of the automated development tools of optimum software products.*

**Ключевые слова:** программа, оптимизация, макрозамена, память, модель, производительность.

## SELECTION OF THE OPTIMAL INLINE-SUBSTITUTION STRATEGY FOR SOFTWARE ALGORITHMS WRITTEN IN C++

*New approach is offered for optimization of functions calls by method of macro-replacements by means of inline-substitutions. In this work are formulated criteria of an optimality of various strategy of macro-replacements in relation to the looped software algorithms. Models and approaches can be used during creation of the automated development tools of optimum software products.*

**Key words:** program, optimization, macro-substitution, model, perfomance.

### 1. Обзор метода макрозамен. Анализ эффективности

Быстрое развитие аппаратной составляющей вычислительных комплексов привело к смещению приоритетов в отрасли разработки программного назначения. Подход к созданию продуктов стал более экстенсивным: если раньше большое значение уделялось эффективности использования вычислительных ресурсов пользовательским программным кодом, то теперь этот критерий уходит на второй план, а главным критерием потребительской привлекательности становятся количество предоставляемых услуг, т.е. степень автоматизации прикладной отрасли деятельности, а также удобство использования. Одновременно с этим происходит эволюция оптимизационных подходов. В новых условиях все большую актуальность приобретают модели на основе методов так называемого «экстремального программирования», общей характеристикой которых является то, что в каждой из них улучшение одного из критериев качества достигается за счет использования дополнительных ресурсов вычислительной системы (как правило, оперативной памяти). Один из таких подходов – это использование макрозамены [3], в результате которой код функции копируется в место её вызова.

Полученный выигрыш в производительности складывается из времени на передачу управления в функцию и возврат из неё, а также времени на выделение необходимого для размещения всех локальных переменных и массивов объема стековой памяти и может быть сформулирован в виде выражения (1):

$$f(v) = t^{call} + t^{stack}(v), \quad (1)$$

где  $t^{call}$  – время на передачу управления в функцию и возврат из нее без учета времени, необходимого на выделение локального стека функции. Эта величина является постоянной и соответствует времени выполнения машинной инструкции CALL(передающей управление процедуре на языке Ассемблера);

$t^{stack}(v)$  – время, затрачиваемое на выделение локальной (стековой) памяти, предназначенной для размещения переменных, объявленных внутри блока функции. Это время зависит от суммарного размера локальных данных, ниже данное утверждение будет подтверждено экспериментально.

Чтобы оценить порядок величин  $t^{call}$ ,  $t^{stack}(v)$  и оценить их значимость в  $f(v)$  был проведен ряд экспериментов. Экспериментальные замеры проводились с помощью тестового кода, написанного на языке C++ в среде VisualStudio.

Для получения максимально объективных оценок в настройках проекта параметру «Optimization» было присвоено значение «Disabled (/Od)», что предотвращает влияние встроенных в компилятор Microsoft методов оптимизации. Кроме того, параметр «Inlinefunctionexpansion» был установлен в «Only \_\_inline (/Ob1)» – данный флаг запрещает компилятору игнорировать инструкцию inline при построении исполняемого кода (рис. 1).

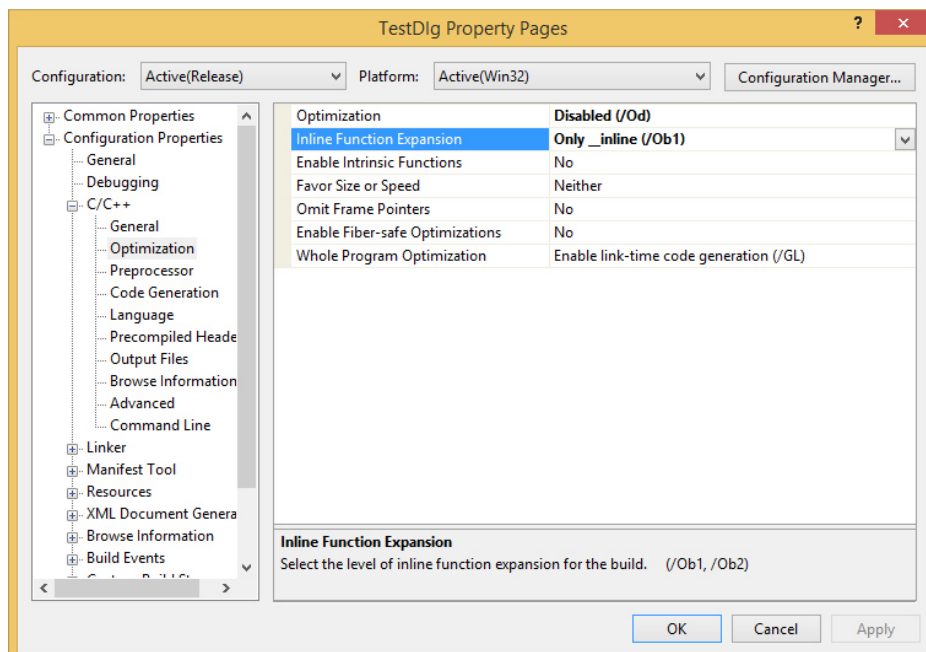


Рис. 1. Настройки тестового проекта

Замеры проводились в режиме «Release» для исключения диагностического кода.

Для оценки величины времени вызова и возврата из функции  $t^{call}$  был проведен тест, в котором замерялось время выполнения кода, выполняющего в цикле функцию с пустым телом и без параметров (чтобы исключить влияние операторов выделения стека).

Количество итераций цикла последовательно изменялось от 1000000 до 20000000 с шагом 1000000.

Исходный код теста приведен в Листинге 1.

```
CStringcstr="";
```

```

for (int N=1000000; N<=20000000; N+=1000000){
    DWORD dwStart = GetTickCount();
    for (inti=0; i<N; i++){
        f();
    }
    DWORD dwTime = GetTickCount() - dwStart;
    CStringcs; cs.Format("%u\n",dwTime);
    cstr += cs;
}
AfxMessageBox(cstr);

```

Листинг 1. Исходный код тестовой программы.

Были проведены 2 замера: в первом функция была объявлена обычным образом (Листинг 2):

```

voidf()
{
}

```

Листинг 2. Объявление функции f().

Во втором случае с использованием инструкции `_forceinline` (Листинг 3):

```

__forceinlinevoidf()
{
}

```

Листинг 3. Объявление функции f() в виде макроса.

Результаты замеров показали, что отличия во времени работы лежали в пределах статистической погрешности. Максимальное время выполнения (для 20000000 итераций) составило около 47 микросекунд.

Так как существовала возможность того, что компилятор игнорирует флаг запрета встроенной оптимизации и все-таки исключает функции с пустым телом из объектного кода, то были проведены 2 дополнительных теста: в первом вместо функции f() в цикле вызывалось выражение `log(10.5)` (Листинг 4):

```

CStringcstr="";
for (int N=1000000; N<=20000000; N+=1000000){
    DWORD dwStart = GetTickCount();
    for (inti=0; i<N; i++){
        log(10.5);
    }
    DWORD dwTime = GetTickCount() - dwStart;
    CStringcs; cs.Format("%u\n",dwTime);
    cstr += cs;
}
AfxMessageBox(cstr);

```

Листинг 4. Функция f() заменена на выражение `log(10.5)`.

Во втором тесте выражение  $\log(10.5)$ ; было помещено в тело функции  $f()$ , (Листинг 5):

```
void f()
{
    log(10.5);
}
```

Листинг 5. Объявление функции  $f()$ .

Сравнение результатов этих двух тестов также показало очень незначительные расхождения (рис. 2). Это говорит о том, что затраты на вызов функции и возврат из неё незначительны.

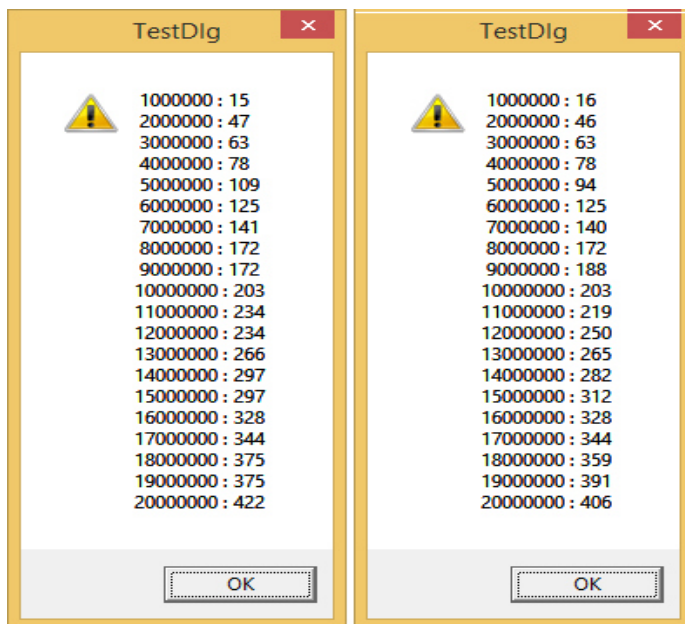


Рис. 2. Результаты 2-го теста оценки  $t^{call}$

Для оценки зависимости времени выделения стековой памяти  $t^{stack}(v)$  от размера локальных данных был проведен следующий эксперимент: число итераций было зафиксировано значением 20000000. Далее было проведено 10 замеров, для каждого из которых менялся размер массива «у», объявленного в теле функции  $f()$  (Листинг 6) от 100000 до 1000000 байт включительно:

```
void f()
{
    char y[1000000];
    y[0] = 'a';
}
```

Листинг 6. Исходный код функции на последнем 10-м измерении.

Затем был проведен аналогичный эксперимент для варианта функции  $f()$  с использованием модификатора `__forceinline`. Результаты обоих экспериментов приведены в таблице 1.

Полученные результаты говорят о высокой эффективности использования модификатора `__forceinline`: очевидно, что объявление данных компилятор поместил перед циклом.

На графике, изображенном на рис. 3, хорошо виден линейный характер зависимости времени выделения локального стека функции от его размера: поверх кривой экспериментальных данных, взятых из первой и второй колонок таблицы 1, проведена прямая (пунктиром), коэффициенты, которой получены аппроксимацией данных методом МНК.

Таблица 1

**Результаты замеров времени выделения локальной памяти**

Размер данных	Время работы обычной функции	Время работы <code>__forceinline</code> функции
100000	579	47
200000	1312	47
300000	2187	47
400000	3468	47
500000	4343	47
600000	5187	47
700000	6079	47
800000	6922	47
900000	7781	47
1000000	8641	47

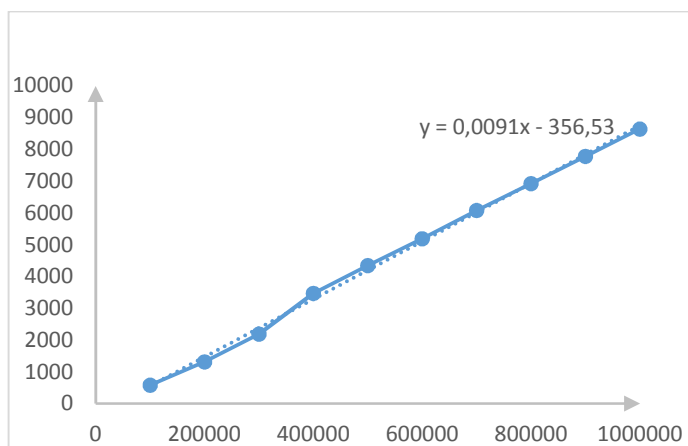


Рис. 3. Кривая экспериментальных данных и прямая, описывающая линейную зависимость времени выделения стековой памяти от её размера

На графике ось абсцисс соответствует размеру стек (в байтах), а ось ординат – времени выделения стека (в миллисекундах).

Проведенные эксперименты показали, что выражение (1) можно упростить, убрав из него выигрыш от макрозамены  $t^{call}$ , ввиду его фактической несущественности (2):

$$f(v) = t^{stack}(v). \quad (2)$$

Кроме того, подтвержденный экспериментально линейный характер зависимости времени выделения стека от его размера позволяет с высокой степенью точности использовать для прогнозирования времени выделения стека коэффициенты пропорциональности либо более наглядный показатель скорости выделения стека, с учетом этого выражение (2) можно преобразовать в следующее (3):

$$f(v) = \frac{v}{s}, \quad (3)$$

где  $v$  – суммарный размер локальных переменных (стека функции);

$s$  – скорость выделения стека.

В методе макрозамен, как и во всех задачах, относящихся к категории моделей «экстремального программирования», улучшение качества программы достигается за счет использования дополнительных вычислительных ресурсов. Макрозамены приводят к увеличению размера кода программы пропорционально количеству вызовов функций, для которых такая замена будет осуществляться. Естественно, в сложных системах с большим числом функций, неограниченное использование макрозамен невозможно – прежде всего из-за того, что оперативная память, используемая для размещения исполняемого кода, является ресурсом достаточно дорогим. Таким образом, имеет место оптимизационная проблема выбора стратегии макрозамен, улучшающей производительность кода в условиях ограниченного объема ресурсов оперативной памяти, необходимого для достижения данной цели.

При формулировке критерия качества пользовательского кода часто бывает необходимо учитывать особенности структуры алгоритма. В работе [1] предлагается способ классификации алгоритмов на основе признаков, формулируемых с использованием математического аппарата теории графов. Далее будут предложены подходы к оптимизации двух из них – зацикленных и конечных.

## **2. Оптимальная стратегия макрозамен зацикленных программных алгоритмов**

Зацикленные программные алгоритмы характеризуются отсутствием вариантов завершения. Если вероятности переходов в таком алгоритме заранее неизвестны, то программа может зациклиться в любом из контуров. Так как время работы программы на участке любого из контуров в общем случае равно бесконечности, а время выполнения линейных участков кода, не входящих в состав ни одного из контуров, является конечным, то при формулировке оптимизационной модели линейные участки можно исключать из рассмотрения. Высокая вычислительная сложность дискретных оптимизационных подходов делает необходимым выделение наиболее важных участков

кода, оптимизация которых является наиболее актуальной. В работах [1], [2] предлагаются две противоположные стратегии оптимизации, в соответствии с которыми для рассмотрения выбираются контуры, соответствующие либо верхней либо нижней границе однократного заикливания. Адаптируя данный подход к методу макрозамен, можно предложить модель (4), описывающую задачу поиска оптимальной стратегии макрозамен, минимизирующей верхнюю границу однократного заикливания:

$$\left\{ \begin{array}{l} F = \max_{i, a_i \in A(G)} \sum_{k \in K(a_i)} ((1 - z_k) t_k N_k) \rightarrow \min; \\ \forall i, \forall k \in K(a_i): \sum_{k \in K(a_i)} z_k v_k N_k \leq V; \\ z_k = 1, 0, \end{array} \right. \quad (4)$$

где  $K(a_i)$  – множество функций, лежащих на контуре  $a_i$ .

$t_k$  – время на вызов  $k$ -й функции;

$N_k$  – количество вызовов  $k$ -й функции на контуре  $a_i$ ;

$z_k$  – булева переменная, равная 1, если для  $k$ -й функции выполняется макрозамена и 0 – в противном случае;

$v_k$  – размер  $k$ -й функции;

$V$  – верхняя граница выделенного на оптимизацию дополнительного объема памяти.

В общем случае  $t_k$ , с учетом подтвержденной экспериментально зависимости (3), можно сформулировать следующим образом:

$$t_k = \frac{v_k^{param}}{s}, \quad (5)$$

где  $v_k^{param}$  – объем данных, передаваемых в функцию в качестве параметров.

Для того чтобы перейти от игрового подхода к задаче дискретной оптимизации, заменим исходную формулировку двумя следующими задачами, которые решаются последовательно.

Вначале решаем задачу поиска максимального контура (длина контура определяется суммарным временем на вызов функций, лежащих на контуре), для которого выполняется равенство:

$$\sum_{k \in a_q} t_k = \max_i \left( \sum_{k \in a_i} t_k \right), \quad (6)$$

где  $q$  – индекс контура максимальной длины.

Далее формулируем задачу поиска оптимальной стратегии макрозамен на множестве функций найденного контура:



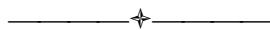
$$\left\{ \begin{array}{l} F_3 = \sum_{k \in K(a_q)} ((1 - z_k) t_k N_k) \rightarrow \min; \\ \forall k \in K(a_q): \sum_{k \in K(a_q)} z_k v_k N_k \leq V; \\ z_k = 1, 0, \end{array} \right. \quad (7)$$

где  $q$  – номер контура, соответствующего решению (6).

Для решения данной задачи можно применить различного рода комбинаторные процедуры. В частности, в ходе реализации практической части была разработана программа, осуществляющая поиск решения (7) полным перебором. Полученный программный продукт позволяет выполнять макрозамены в соответствии с оптимальной стратегией, сформулированной в задачах (6) и (7) критериями оптимальности в условиях наличия верхней границы объема оперативной памяти, доступной для оптимизации такого рода. Практические наработки могут быть использованы в качестве отдельного продукта, а также включены в состав комплексного решения, осуществляющего оптимизацию пользовательского исходного кода.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Гроппен В.О.* Принципы оптимизации программного обеспечения ЭВМ. Ростов-на-Дону. Изд. Ростовского университета. 1993.
2. *Гроппен В.О., Томаев М. Х.* Модели, алгоритмы и средства программной поддержки проектирования оптимальных программных продуктов // Автоматика и телемеханика. 2000.
3. *Томаев М. Х.* Выбор оптимальной стратегии макрозамен // Труды молодых ученых 2005. № 4. Владикавказ: Издательство «Терек».



УДК 004.75

*Студент ХУРИЕВ Г. Ф.,  
канд. техн. наук, доцент ДАУРОВА А. А.,  
канд. техн. наук, доцент ВОЛОШИН С. Б.*

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЭТАЛОНОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ПОИСКА АНАЛОГОВ

*Статья посвящена решению проблемы обработки больших массивов данных с помощью метода эталонов. Приведены существующие методы решения задачи подбора аналогов и предложено решение задачи ранжирования и выделения объектов, аналогичных заданному, с использованием метода эталонов.*

**Ключевые слова:** автоматизированная библиотечная информационная система; метод эталонов; ранжирование; подбор аналогов; язык программирования C#; информационные технологии.

*Huriev G. F., Daurova A. A., Voloshin S. B.*

## USE OF THE METHOD OF MEASUREMENT STANDARDS IN THE DEVELOPMENT OF ADVANCED APPLICATIONS FOR ANALOGS

*The article is devoted to solving the problem of processing large amounts of data using the reference method. Presents the existing methods for solving the problem of selection of analogue and provides a solution to the problem of ranking and selection of objects similar to a given, using of the method of measurement standards.*

**Key words:** *automated library information system; ALIS; method of standards; taxonomy; C#; information technologies; IT.*

В настоящее время практически во всех современных информационных системах производится обработка больших массивов данных. Во многих из них широко используются модули подбора аналогов. В качестве примера можно привести модули подбора аналогичных товаров в интернет-магазинах. Имеется тенденция к возрастанию количества подобных модулей, но большинство из этих модулей требуют профессиональных знаний для их настройки.

Так, при работе с автоматизированными библиотечно-информационными системами (АБИС) у студентов и преподавателей появляются затруднения в получении рекомендаций по подбору учебных материалов. Даже при использовании инструментов поиска это составляет проблему, так как объемы данных весьма обширны. Поэтому возникает острая необходимость в оптимизации процесса получения желаемого результата поиска.

В качестве решения этой проблемы предлагается подсистема, отвечающая за ранжирование объектов базы данных и оптимизирующая получение результатов поиска аналогичных учебных материалов. Конечной целью работы является разработка подсистемы АБИС, которая, используя различные оптимизационные методы, позволяет получать наиболее релевантный список литературы. Существующие решения этой задачи не гарантируют того, что полученный результат будет Парето-оптимальным, или же требуют дополнительной информации, отсутствующей в изначальной постановке задачи (название или идентификатор категории для того же запроса в базе данных). Поэтому был реализован метод эталонов [1–4].

Пусть заданы следующие условия задачи:

- 1) критерии, характеризующие некоторый объект,
- 2) массив объектов,
- 3) эталонный объект.

Оптимальными считаются такие сочетания значений переменных, для которых вектор критериев определяет точку в пространстве критериев, и которая находится на минимальном расстоянии от идеального сочетания значений критериев.

**Задачу можно записать формально.** Введем следующие обозначения:

$n$  – количество объектов,

$m$  – количество критериев.

$O_i$  – заданные объекты,

$O_{(n+1)}$  – эталонный объект,

$a_{i,j}$  –  $j$ -ый критерий  $i$ -го объекта,

$A = \{a_{i,j}\} \quad i = \overline{1, n+1}; j = \overline{1, m}$  – матрица критериев объектов,

$F(a_i)$  – расстояние между  $i$ -м объектом и эталонным,

$$\left\{ \begin{array}{l} \forall i : \max_i \{F(a_i)\} \rightarrow \min; \\ \forall i : F(a_i) = \sqrt{\sum_{j=0}^m (a_{i,j} - a_{n+1,j})^2}; \\ \forall i : a_{i,j} \in A; A = \{a_{i,j}\}; \quad i = \overline{1, n+1}; j = \overline{1, m} \\ A = \begin{vmatrix} a_{0,1} & \dots & a_{0,m} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{(n+1),1} & \dots & a_{(n+1),m} \end{vmatrix} \end{array} \right.$$

В качестве решения поставленной задачи была разработана подсистема для АБИС "ExpasysLibrary 2014" российской компании «Экспертно-аналитические системы» [6]. Подсистема позволяет получить список литературы, аналогичной заданному эталону (по конкретному рассматриваемому экземпляру). Разработанная подсистема спроектирована как клиент-серверное приложение, в котором в качестве клиента может выступать любой современный браузер. Серверной частью служит программная платформа Dotnetnuke (CMF), работающая на базе технологии Microsoft .NETFramework. Графический пользовательский интерфейс (GUI) реализован с использованием библиотеки TelerikKendoUI.

В качестве системы управления базами данных (СУБД), для хранения служебной информации и данных программной платформы, используется MicrosoftSQLServer (версии 2008 и выше). Библиографические записи хранятся в нереляционной базе данных MongoDB.

Можно отметить следующие достоинства разработанной подсистемы:

1. Решение, оптимальное по Парето.
2. Простота реализации.
3. Легкость в применении параллельных вычислений.
4. Интуитивно понятное решение.

К недостаткам можно отнести то, что эталонный объект попадает во множество объектов, соответствующих оптимальному решению.

При дальнейшем развитии проекта была реализована возможность обработки однородных объектов произвольного типа с помощью метода эталонов, для чего в алгоритм были добавлены правила преобразования критериев к виду, пригодному для применения метода эталонов. В случае, если критерий описывается численно, то критерий сохраняется. Если критерий представлен строкой, то строка разбивается на слова и производится пересчет количества полных совпадений со строкой эталона.

Приведем алгоритм ранжирования объектов на основе метода эталонов:

#### Алгоритм метода эталонов

Шаг 1. Ввод исходных данных (количество объектов, количество критериев, матрица критериев, заданный радиус)

Шаг 2. Нормализация входных данных в матрице.

Шаг 3. Создание массива расстояний, хранящего значения расстояний объектов.

Шаг 4. Определение расстояний от  $i$ -го объекта до заданного эталонного ( $n+1$ ).

Шаг 5. Ранжирование объектов по мере их приближенности к эталону.

Шаг 6.  $i = 0$ . Если  $i$  меньше количества объектов, то шаг 7, иначе шаг 9.

Шаг 7. Если расстояние меньше заданного радиуса, вывести номер объекта на экран и шаг 8, иначе шаг 8.

Шаг 8.  $I = i + 1$  и шаг 6.

Шаг 9. Конец работы программы.

Рассмотрим пример работы алгоритма при подборе автомобиля.

Пусть требуется ранжировать автомобили:

1. Chevrolet Orlando 2,2 л, 173 л.с., левый руль, красный.

2. Chevrolet Cruze 1,8 л, 141 л.с., левый руль, синий.

3. Mitsubishi Pajero 2,0 л, 129 л.с., левый руль, зеленый.

4. Honda Civic 1,8 л, 140 л.с., правый руль, серый.

Относительно автомобиля-эталона Chevrolet Orlando – объем двигателя – 2,0 л, мощность двигателя – 163 л.с., руль – левый, синий.

В качестве критериев для ранжирования выделим:

- 1) название,
- 2) объем двигателя,
- 3) мощность двигателя,
- 4) руль.

Исходные данные представлены в табл. 1 (где пятая строка соответствует эталонному объекту).

Таблица 1

#### Исходные данные

Номер объекта	Название	Объем двигателя, л	Мощность двигателя, л.с.	Руль
1	ChevroletOrlando	2,2	173	Левый
2	ChevroletCruze	1,8	141	Левый
3	MitsubishiPajero	2	129	Левый
4	Honda Civic	1,8	140	Правый
5	ChevroletOrlando	2	163	Левый

После преобразования исходных данных получим (табл. 2):

Таблица 2

**Исходные данные после преобразования**

Номер объекта	Название	Объем двигателя, л	Мощность двигателя, л.с.	Руль
1	2	2,2	173	1
2	1	1,8	141	1
3	0	2	129	1
4	0	1,8	140	0
5	2	2	163	1

К полученным данным можно применить метод эталонов для ранжирования. После применения метода эталонов критерии объектов будут нормированы, далее объекты ранжируются относительно эталона (табл. 3).

Таблица 3

**Нормированные данные**

Номер объекта	Название	Объем двигателя, л.	Мощность двигателя, л.с.	Руль
1	1.0	1,0	1,0	1.0
2	0.5	0,0	0,2727	1.0
3	0.0	0,499	0,0	1.0
4	0.0	0,499	0,0	0.0
5	1.0	0,499	0,77272	1.0

Зададим необходимую точность (в данном случае  $\text{rad} = 1$ ) и отбираем подходящие объекты (табл. 4).

Таблица 4

**Расстояния до эталона**

Номер объекта	Расстояние до эталона	Комментарий
1	0,549229	Наибольшее совпадение
2	0,866025	Частичное совпадение
3	1,263767	Частичное совпадение
4	1,611554	Частичное совпадение
5	0	Эталон

В результате получим, что объекты 1 и 2 можно считать аналогами заданному эталону, так как расстояние от них до него меньше заданного радиуса. Следовательно, автомобили ChevroletOrlando – 2,2 л, 173 л.с., левый руль, красный и ChevroletCruze – 1,8 л, 141 л.с., левый руль, синий являются аналогами заданному эталону ChevroletOrlando объем двигателя – 2,0 л, мощность двигателя – 163 л.с., руль – левый, синий.

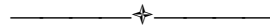
Метод эталонов является гибким инструментом для ранжирования различных однородных объектов относительно образца, легко реализуемым на

большинстве современных высокоуровневых языков программирования. Кроме того, следует отметить, что разработанные на основе метода алгоритмы могут быть оптимизированы для высокопроизводительных многопоточных вычислений.

Следующим этапом развития проекта является разработка алгоритмов и базирующегося на них программного обеспечения для обработки неоднородных объектов с использованием метода эталонов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Будаева А. А.* Оптимальная таксономия. Информационные технологии и системы: новые информационные технологии в науке, образовании, экономике / Материалы международной конференции. Владикавказ: Изд-во Владикавказского научного центра, 2003. С. 84–87.
2. *Гроппен В. О.* Принципы принятия решений с помощью эталонов //РАН, Автоматика и телемеханика. 2006. № 4. С. 167–184.
3. *Гроппен В. О.* Решение задач многокритериальной оптимизации и ранжирования объектов методом эталонов //Телекоммуникации и информатизации образования. 2006. М., № 2(33). Март-апрель. С. 14–31.
4. *Ларичев О. И.* Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2002.
5. *Маисеев Н. Н., Инванилов Ю. П., Столярова Е. М.* Методы оптимизации. М.: Наука, 1978.
6. Материал с официального Интернет-сайта компании «Экспертно-аналитические системы» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://expasys.ru/ru/solutions/expasys-library-2014> (дата обращения: 17.06.2015).



УДК 681

*Канд. техн. наук, доцент БОЛОТАЕВА И. И.*

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ОГАРКА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦИНКА**

*Процесс высокотемпературного выщелачивания является основной операцией по переработке цинковых кеков гидрометаллургическим способом. Оформление процесса выщелачивания как процесса с периодическим режимом работы в значительной степени усложняет решение задач контроля и управления.*

*Работа посвящена решению задач математического моделирования, алгоритмизации процессов гидрометаллургической переработки цинковых кеков, а также последующего автоматического контроля, регулирования, управления отдельными параметрами, переделами и узлами нейтрального выщелачивания цинкового огарка, переработки цинковых кеков и очистки нейтрального электролита.*

*На основе физико-химических закономерностей и экспериментально-статистических данных выполнено математическое описание процесса высокотемпературного выщелачивания цинковых кеков для целей исследования по его оптимальному управлению.*

*Приведены результаты моделирования на основе предварительных исследований по идентификации.*

**Ключевые слова:** *математическое моделирование, алгоритм, экспериментально-статистическое исследование, детерминированная математическая модель, оптимизация, выщелачивание, идентификация.*

*Bolotaeva I. I.*

**MATHEMATICAL MODELLING OF LEACHING CANDLE  
END PROCESS IN ZINC PRODUCTION**

*The process of high-temperature leaching is a basic operation for processing of zinc cakes hydrometallurgical method. Making the leaching process as a process with periodic duty works largely complicates the solution of the monitoring and control tasks.*

*The work is devoted to solving problems of mathematical modeling, algorithm processes of hydrometallurgical of zinc processing, as well as the subsequent automatic control, control, control individual parameters, redistributions and nodes neutral leaching of candle end zinc and zinc cakes and clean neutral electrolyte.*

*On basis of physical and chemical laws and experimental statistics carried out a mathematical description of the process of high-temperature leaching of zinc cakes for the purposes of research on its optimal management.*

*Simulation results on basis of preliminary investigations is on authentication.*

**Key words:** *mathematical modelling, algorithm, statistic, determine, optimization, leaching, identification.*

Процесс переработки цинковых кеков гидromеталлургическим способом является сложным многофакторным и многостадийным объектом управления. Эффективность процесса в полной мере может быть достигнута при реализации оптимальных режимов отдельных стадий в целом.

Создание автоматической системы управления процессом переработки цинковых кеков является сложной задачей, решение которой, прежде всего, связано с математическим моделированием, алгоритмизацией процесса и разработкой технических средств, обеспечивающих надежную работу в условиях рассматриваемого производства. Наиболее целесообразно выполнять работу по автоматизации контроля и управления одновременно в двух направлениях.

Процесс высокотемпературного выщелачивания является основной операцией по переработке цинковых кеков гидromеталлургическим способом. Оформление процесса выщелачивания как процесса с периодическим режимом работы в значительной степени усложняет решение задач контроля и управления. Резко возрастает объем информационной нагрузки на оператора и повышается необходимое для контроля и управления количество технических средств. Снижение информационной и управленческой нагрузки на оператора путем выдачи информации в виде обобщенных комплексных показателей и рекомендаций по управлению хотя и ведет к дальнейшему усложнению структуры управления и увеличению количества технических средств, но является наиболее рациональным для повышения эффекта управления.

Решение поставленной задачи связано прежде всего с алгоритмизацией контроля и управления. Структурным анализом процесса выполнена классификация переменных по ряду характерных признаков [1]. С целью получения количественных характеристик степени участия того или иного параметра в процессе управления выполнены экспериментально-статистические исследования процесса выщелачивания в условиях промышленной установки.

Программа исследований предусматривала регистрацию и анализ выходных переменных, переменных состояния и выхода, характеризующих как отдельные параметры, так и обобщенные комплексные показатели процесса. Математическая обработка данных эксперимента с проверкой по соответствующим критериям промежуточных и окончательных результатов позволила количественно оценить влияние состава перерабатываемого продукта и режима выщелачивания:

$$\left. \begin{aligned} Q_{H_2SO_4}^p &= -21,2 - 0,11C_{Zn}^{цк} + 0,104C_{Fe}^{цк} - 0,54C_{Pb}^{цк} + 0,209t_{об} - \\ &\quad - 0,0306K_{жт}^{ан} + 0,0483C_{H_2SO_4}^{ан} + 0,041C_{Zn}^э \\ C_{Zn}^{цк} &= 17,3 + 0,0796C_{Zn}^{цк} + 0,235C_{Fe}^{цк} - 0,393C_{Pb}^{цк} - 0,0331C_{Zn}^э - \\ &\quad - 0,133t_{об} - 0,0186C_{H_2SO_4}^{ан} - 0,262K_{жт}^{ан} \\ \alpha_{Zn} &= 28,7 + 0,52C_{Zn}^{цк} + 0,332C_{Fe}^{цк} + 0,0082C_{Zn}^э - 2,81C_{Pb}^{цк} + \\ &\quad + 0,513t_{об} + 0,227K_{жт}^{ан} - 1,26 \cdot 10^{-3}C_{H_2SO_4}^{ан} \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\text{при } C_{H_2SO_4}^{цкp} = \frac{Q_{H_2SO_4}^p - V_{ан}C_{H_2SO_4}^{ан}}{V_{ан} + \Delta \bar{V}}$$



$$3\sigma_{C_i} \leq C_i \leq 3\sigma_{C_i}; 3\sigma_{Q_i} \leq Q_i \leq 3\sigma_{Q_i};$$

$$3\sigma_{t_{\text{овi}}} \leq t_{\text{овi}} \leq 3\sigma_{t_{\text{овi}}}; 3\sigma_{K_i} \leq K_i \leq 3\sigma_{K_i},$$

где  $Q_{\text{H}_2\text{SO}_4}^p$  – количество израсходованной серной кислоты при операции выщелачивания, т;

$C_{\text{Zn}}^{\text{цк}}$  – концентрация цинка в цинковом кеке, с/с;

$\alpha_{\text{Zn}}$  – извлечение цинка;

$C_{\text{Fe}}^{\text{цк}}$  – концентрация железа в цинковом кеке, с/с;

$C_{\text{Pb}}^{\text{цк}}$  – концентрация свинца в цинковом кеке, с/с;

$K_{\text{жт}}^{\text{ан}}$  – отношение количество жидкого: количество твердого начальное;

$C_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\text{ан}}$  – начальная концентрация серной кислоты, г/л;

$C_{\text{Zn}}^{\text{э}}$  – концентрация цинка в отработанном электролите, г/л;

$C_{\text{Pb}}^{\text{цк}}$  – концентрация цинка в свинцовом кеке, %;

$t_{\text{ов}}$  – температура пульпы в агитаторе высокотемпературного выщелачивания;

$Q_{\text{Zn}}^{\text{цжр}}$  – концентрация цинка в кислом цинк-железистом растворе, г/л;

$V_{\text{ан}}$  – объем заполнения агитатора, м<sup>3</sup>;

$\Delta V$  – среднее увеличение объема заполненной части агитатора в конце выщелачивания за счет конденсации пара.

В таблице даны основные показатели тесноты связи, точности и адекватности полученного математического описания.

Анализ статистических оценок показывает, что состояние процесса по извлечению цинка и остаточному содержанию цинка в свинцовом кеке определяется в основном составом перерабатываемого цинкового кека ( $R = 0,56$  и  $R = 0,49$ ), а расход серной кислоты на выщелачивание определяется практически только режимом загрузки и выщелачивания ( $R = 0,83$ ).

### Основные показатели

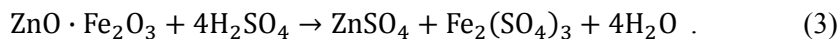
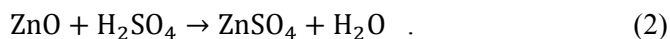
Функция оклика	R	$\delta R$	$\mu R$	$S_{\text{ост}}^2$	F
$Q_{\text{H}_2\text{SO}_4}^p$	0,845	0,0254	3,33	0,825	3,3
$C_{\text{Zn}}^{\text{цк}}$	0,625	0,062	10,25	0,761	1,64
$\alpha_{\text{Zn}}$	0,556	0,0701	7,92	6,9	1,48

Система управления (1) может быть использована для целей прогнозирования и определения конечных показателей выщелачивания  $\alpha_{\text{Zn}}$ ,  $C_{\text{Zn}}^{\text{цк}}$ ,  $Q_{\text{H}_2\text{SO}_4}^p$ , или для выбора рационального режима загрузки агитатора по известной информации о химическом составе перерабатываемых в процессе продуктов.

Уравнения (1) – тот уровень формализации при математическом описании, который является достаточным для решения задачи выбора оптимальных начальных условий выщелачивания на основе прогнозирования конечного состояния процесса. При управлении периодическими процессами возникает задача динамической оптимизации и разработки программы изменения управляющих воздействий в процессе выщелачивания. Для выполне-

ния таких исследований, а также для глубокого изучения самого технологического процесса в широком изменении диапазона параметров, целесообразно выполнить математическое описание на основе физико-химических закономерностей.

Химизм процесса высокотемпературного выщелачивания цинковых кеков в первом приближении можно описать следующими стехиометрическими уравнениями [1]:



Основная реакция выщелачивания – растворение твердой фазы в растворе активного реагента – состоит из трех основных последовательно протекающих стадий [2–10]:

- 1) диффузия активного реагента к поверхности твердой фазы;
- 2) реакция образования растворимого соединения из твердой фазы и активного реагента;
- 3) диффузия образовавшегося соединения от межфазной границы в массу раствора.

Механизм выщелачивания цинковых кеков в первом приближении можно представить следующим образом.

Молекулы серной кислоты диффундируют из общей массы раствора к поверхности твердой фазы, где взаимодействуют с растворяющимися компонентами цинкового кека ( $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnS}$ ). На границе раздела фаз образуется диффузионный слой, насыщенный растворившимся веществом ( $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{FeSO}_4$ ) и инертными материалами. Продукты реакции диффундируют от межфазной границы в общую массу раствора.

При математическом описании процесса приняты следующие основные допущения:

- твердые частицы имеют сферическую форму, которая сохраняется во время химической реакции;
- перемешивание твердых частей и раствора в реакторе идеальное (отсутствует градиент концентрации);
- активная поверхность  $S$  твердых частиц изменяется пропорционально весу твердого  $S = KG$ ;
- толщина диффузионного слоя  $\delta = \text{const}$  представляет среднюю толщину эффективного диффузионного слоя, включающего твердую губку и неподвижную пленку жидкости;
- градиент концентрации диффузионного вещества в ламинарном слое постоянен;
- сульфат железа  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , оставшийся после протекания реакции (4), диффундирует в общую массу раствора;
- серная кислота, образовавшаяся в результате реакции (4), полностью расходуется на протекание реакции (3);

– температурный режим процесса стабилизирован, а температурный градиент в реакторе отсутствует.

Скорость химической гетерогенной реакции, согласно закону действующих масс, представляется в виде [11–13]:

$$\vartheta_p = \frac{1}{S} \frac{dG_{A_1}}{dt} = K_1 C_{A_2}^n \cdot S.$$

Согласно допущению (3):

$$\vartheta_p = \frac{dG_{A_1}}{dt} = K_1 C_{A_2}^n G_{A_1}.$$

Диффузионные потоки описываются 1-ым законом Фика:

$$\Phi = \frac{DS}{\delta} (C_{A_2}^v - C_{A_2}^n).$$

Учитывая, что  $C_{A_2}^g = \frac{C_{A_2}^n + C_{A_2}^v}{2}$ , уравнение материального баланса вещества  $A_2$  в диффузионном слое запишется следующим образом:

$$\frac{dC_{A_2}^v}{dt} + \frac{dC_{A_2}^n}{dt} = \frac{2}{v'} \left[ \frac{DS}{\delta} (C_{A_2}^v - C_{A_2}^n) + \sum_{j=1}^n \vartheta_p \right].$$

С учетом вышеизложенных положений [14–16], математическое описание процесса высокотемпературного выщелачивания цинковых кеков представляется следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dG_{ZnO}}{dt} &= -K_1 C_{H_2SO_4}^n \cdot G_{ZnO} \\ \frac{dG_{ZnO \cdot Fe_2O_3}}{dt} &= -K_2 C_{H_2SO_4}^n \cdot G_{ZnO \cdot Fe_2O_3} \\ \frac{dG_{ZnS}}{dt} &= -K_3 C_{Fe^{+3}}^n \cdot G_{ZnS} \\ \frac{dC_{H_2SO_4}^v}{dt} &= -K_4 G_K (C_{H_2SO_4}^v - C_{H_2SO_4}^n) \\ \frac{dC_{H_2SO_4}^n}{dt} &= K_5 [K_4 \cdot V \cdot G_K (C_{H_2SO_4}^v - C_{H_2SO_4}^n) + 4K_3 C_{Fe}^n + 3G_{ZnS} - \\ &- K_1 C_{H_2SO_4}^n \cdot G_{ZnO} - 4K_2 C_{H_2SO_4}^n \cdot G_{ZnO \cdot Fe_2O_3}] + K_4 G_K (C_{H_2SO_4}^v - C_{H_2SO_4}^n) \\ \frac{dC_{Fe^{+3}}^v}{dt} &= K_6 \cdot G_K (C_{Fe^{+3}}^n - C_{Fe^{+3}}^v) \\ \frac{dC_{Fe^{+3}}^n}{dt} &= K_5 [K_2 C_{H_2SO_4}^n \cdot G_{ZnO \cdot Fe_2O_3} - 4K_3 C_{Fe^{+3}}^n \cdot G_{ZnS} - \\ &- K_6 \cdot G_K \cdot V (C_{Fe^{+3}}^n - C_{Fe^{+3}}^v)] - K_6 \cdot G_K (C_{Fe^{+3}}^n - C_{Fe^{+3}}^v) \\ G_K &= G_{ZnO} + G_{ZnO \cdot Fe_2O_3} + G_{ZnS} + G_{np} \\ K_4 &= \frac{D_1 \cdot K}{\delta \cdot V}; K_5 = \frac{2}{V}; K_6 = \frac{D_2 \cdot K}{\delta \cdot V} \end{aligned} \right\} (5)$$

Задачей дальнейших исследований является параметрическая идентификация модели (5), т.е. количественная оценка неизвестных коэффициентов ( $K_1 \div K_6$ ). Для оценки близости модели и объекта выбрано пять кинетических кривых  $-G_{ZnO}(t)$ ,  $G_{ZnO \cdot Fe_2O_3}(t)$ ,  $G_{ZnS}(t)$ ,  $C_{H_2SO_4}^v(t)$ ,  $C_{Fe^{+3}}^v(t)$ . В качестве критерия соответствия принят функционал:

$$J = \int_0^T \sum_{i=1}^5 A_i (C_i^3 - C_i^M)^2 dt. \quad (6)$$

Численные значения весовых коэффициентов определены из условия количественного вклада реакций в общем расходе серной кислоты при выщелачивании.

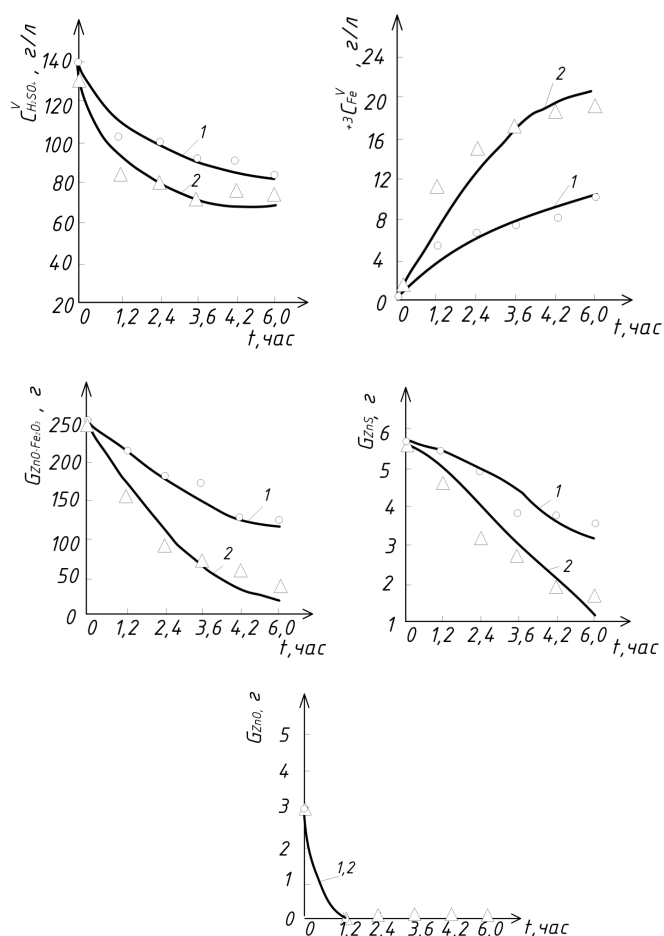


Рис. 1. Кинетика высокотемпературного выщелачивания цинковых кеков по данным опыта (точки) и моделирования (сплошные линии). Условия опытов и коэффициенты: 1 – Ж:Т = 10:1,  $t = 650^\circ\text{C}$ ,  $C_{H_2SO_4}^H = 142 \text{ г/л}$ ,  $K_1 = 0,88 \cdot 10^{-4}$ ,  $K_2 = 1,6 \cdot 10^{-6}$ ,  $K_3 = 0,51 \cdot 10^{-5}$ ,  $K_4 = 0,72 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_5 = 0,124$ ,  $K_6 = 1,4 \cdot 10^{-5}$ ; 2 – Ж:Т = 10:1,  $t = 950^\circ\text{C}$ ,  $C_{H_2SO_4}^H = 142 \text{ г/л}$ ,  $K_1 = 1,6 \cdot 10^{-4}$ ,  $K_2 = 2,3 \cdot 10^{-6}$ ,  $K_3 = 0,53 \cdot 10^{-5}$ ,  $K_4 = 1,55 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_5 = 0,104$ ,  $K_6 = 1,64 \cdot 10^{-5}$

### Заключение

Для получения экспериментальных кинетических кривых выполнены опыты в лабораторном реакторе с различными значениями начальной концентрации серной кислоты, начального отношения Ж: Т, температуры. Программа предусматривала проведение полного факторного эксперимента для трех варьируемых параметров на трех уровнях:  $C_{H_2SO_4}^H - 140, 180, 220 \frac{\text{г}}{\text{л}}$ ,

Ж : Т – 6 : 1; 8 : 1; 10 : 1, температура – 650, 800, 950. Составы цинкового кека и отработанного электролита являлись постоянными. Отбор проб на анализ производили через 1,2 часа.

Предварительные исследования по идентификации, выполняемые с использованием метода Гаусса–Зейделя [17–20], подтвердили структурное соответствие предложенного механизма выщелачивания и дают хорошую сходимости эксперимента и теории. На рисунке приведены результаты моделирования выщелачивания с начальными условиями  $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\text{H}}=142$  г/л, Ж : Т = 10:1; температурой операции 650 и 950°С.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ярославцев А. С., Усенов А. У., Гецкин Л. С. Исследование процесса высокотемпературного выщелачивания цинковых кеков // Цветная металлургия. 1973. № 3. С. 26–29.
2. Погорельый А. Д. Теория металлургических процессов. М.: Металлургия, 1971. 504 с.
3. Сапрыгин А. Ф., Гусар Л. С., Хан О. А., Гуттерман Ю. П., Андрейкин Е. И. Внедрение одностадийной схемы выщелачивания огарка с противоточной промывкой цинковых кеков на Алмалыкском заводе // Цветные металлы. 1977. № 12. С. 14–16.
4. Гусар Л. С., Сапрыгин А. Ф., Хан О. А., Пусько А. Г. Пути совершенствования процесса выщелачивания огарка в гидрометаллургии цинка // Сб. тр. ВНИ горно-металлург. ин-т. цвет. мет. 1977. № 29. С. 56–60.
5. Лакерник М. М., Пахомова Г. Н. Металлургия цинка и кадмия. М.: Металлургия, 1969. 485 с.
6. Зайцев В. Я., Маргулис Е. В. Металлургия свинца и цинка: Учебник. М.: Металлургия, 1985. 263 с.
7. Зеликман А. Ю. и др. Металлургия редких металлов: М.: Металлургия, 1980. 328 с.
8. Зеликман А. Н. и др. Металлургия тугоплавких редких металлов. М.: Металлургия. 1987. 224с.
9. Орлов А.К., Коновалов Г. В. Металлургия цинка и свинца: Учебное пособие. СПб: СПГИ, 2009. 146 с.
10. Снурников А. П. Гидрометаллургия цинка: Учеб. пособие. М.: Металлургия, 1981. 382 с.
11. Закгейм А. Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. М.: Химия, 1973. 224 с.
12. Вейлас С. Химическая кинетика и расчеты промышленных реакторов (перевод с английского). М.: Химия, 1967. 416 с.
13. Налимов В. В., Чернова Н. А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука, 1965. 340 с.
14. Халезов Б. Д., Ватолин Н. А., Макурин Ю. Н., Быков Н. А. Извлечение цинка из растворов выщелачивания медно-цинковых руд // ГИАБ . 2005. № 3. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/izvlechenie-tsinka-iz-rastvorov-vyshchelachivaniya-medno-tsinkovyh-rud> (дата обращения: 13.02.2016).
15. Вольдман Г. М., Зеликман А. Н. Теория гидрометаллургических процессов. М.: Интермет-Инжиниринг, 2003. 464 с.

16. *Свенс К., Керстинс Б., Рункель М.* Современная технология переработки цинковых концентратов // Цветные металлы. 2005. № 5–6. С. 83–91.
17. *Кафаров В.В.* Методы кибернетики в химии и химической технологии. М.: Химия, 1968. 380 с.
18. *Кафаров В.В., Перов В. Л., Мешалкин В. П.* Принципы математического моделирования химико-технологических систем: Учеб. пособие. М.: Химия. 1974. 343 с.
19. *Рутковский А. Л., Болотаева И. И.* Анализ систем идентификации с антиинтуитивным поведением с использованием активно-пассивного эксперимента // Труды СКГТУ. 2010. Выпуск 17. С. 53–57.
20. *Рутковский А. Л., Арунянц Г. Г., Болотаева И. И.* Идентификация параметров производственных процессов в условиях непрерывных воздействий помех с использованием активно-пассивных экспериментов // Известия ВолгГТУ. 2012. № 16 (103) С. 182–192.



УДК 577.4:621

*Канд. техн. наук, доцент ЯРЖЕМСКИЙ А. С.,  
канд. техн. наук, доцент БАГАЕВА М. Э.,  
д-р техн. наук, профессор ХАДЗАРАГОВА Е. А.*

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УСТОЙЧИВОСТИ ТРУБОТРАНСПОРТА В НЕСТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*Рассматриваются вопросы экологической безопасности гидротехнических сооружений специального назначения, расположенных в горных условиях. Особое внимание уделено оценке и прогнозу устойчивости трубопровода, являющегося источником негативного воздействия на природную среду. Предложена математическая модель устойчивости трубопровода в горных условиях, позволяющая предположить места прорывов труб и возможность их предотвращения.*

**Ключевые слова:** математическая модель, безопасность гидротехнических сооружений, устойчивость.

*Yarjemskiy A. S., Bagaeva M. E., Khadzaragova E. A.*

### **MATHEMATICAL MODEL OF STABILITY OF A HYDRAULIC TRANSPORT IN CONDITION OF MOUNTAINS**

*The article is dedicated to problems of ecological safety of hydraulic special-purpose engineering facilities, arranged on mountain's conditions. The special attention is given to an estimation and forecast of stability of a hydraulic transport being a source of negative effect on an environment. The mathematical model of stability of a hydraulic transport in mountain's conditions permitting is offered to suspect a place of breakthroughs of tubes and capability of their preventing.*

**Key words:** mathematical model, safety of hydraulic special-purpose engineering facilities, stability.

Трубный транспорт играет большую роль в транспортировке жидких и газообразных материалов. Как правило, транспортировка материалов по трубопроводам осуществляется на значительные расстояния в различных климатических и географических зонах, что накладывает высокие требования к целостности трубопроводов в процессе эксплуатации. Особое значение это имеет для неустойчивых зон с резкими и нестационарными изменениями географических и климатических условий. К таким зонам относятся горные территории и вечная мерзлота (криолитозона).

Прокладка и последующая эксплуатация трубопроводов в горах сопряжены с перемеживанием траншейных и открытых участков, переходов через реки и ущелья, подверженность сильным снегопадам и сходам снежных лавин. Последние носят, как правило, случайный характер и особенно опасны для целостности трубопроводов. Порыв может стать причиной сложного и дорогостоящего ремонта.

Аналогичные ситуации могут возникать в высокогорной криолитозоне.

Гидротранспорт относится к особому классу гидротехнических сооружений и, соответственно, техногенных воздействий на геологическую среду. При этом, учитывая линейный характер сооружений, воздействия, оказываемые ими, имеют более широкое разнообразие форм проявления.

При авариях продуктопроводов происходит загрязнение водоемов, вследствие чего на берегах формируется зона «мертвых ландшафтов», а в самих водоемах развивается зона опасного загрязнения донных осадков. Реакция вечномерзлых грунтов выражается в их растеплении и последующих деформациях насыпи. Насыпь существенно нарушает характер естественных водотоков, вплоть до образования непроточных водоемов, которые служат аккумуляторами всех поступающих загрязняющих веществ. Таким образом, гидротранспорт оказывает негативное воздействие на природную среду, что подтверждается качественными характеристиками.

Проведенными исследованиями установлено, что на указанных территориях меняется характер почвы, исчезает растительность, в грунте и воде появляются значительные количества солей тяжелых металлов, превышающие ПДК на несколько порядков [2]. Аварии на трубопроводах на некоторых участках привели к формированию специфических микроформ рельефа и полному уничтожению растительности.

Влияние инженерных сооружений гидротранспорта на геологическую среду на различных участках трассы весьма неоднозначное. На одних воздействие проявляется в первичном изменении рельефа и загрязнении водоемов, почвенно-растительного покрова; в других случаях, на фоне активного загрязнения другими предприятиями, чье негативное воздействие завуалировано, в-третьих, вторичное воздействие проявляется как на локальных участках, так и на территориях сплошной техногенной нарушенности.

Рассматриваемые процессы изменения геоэкологической обстановки вдоль трассы гидротранспорта практически полностью зависят от технического состояния трубопроводов, прорывы которых на трассе случаются достаточно часто (рис. 1).

Основной причиной порыва является износ труб. С одной стороны, износ трубопроводов происходит под воздействием рабочего вещества – пульпы, перекачиваемого внутри труб под достаточно большим давлением и сравни-

тельно высокой температурой. Кроме того, пульпа обладает всеми признаками агрессивности – абразивность, кислотность и т.п.

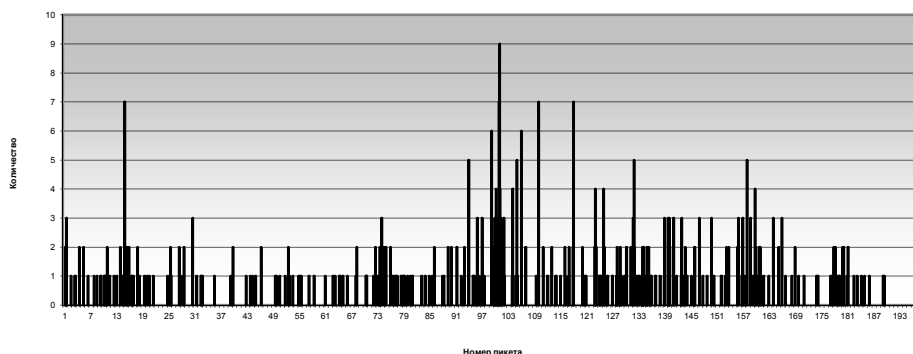


Рис. 1. Общее количество порывов на трубопроводах

С другой стороны, на трубопровод, проходящий по насыпи или поддерживаемый сваями, оказывают влияние факторы, присущие криолитозоне: значительный перепад температур в течение года, снежные заносы, значительная ветровая нагрузка, проседание труб в период таяния, что приводит к дополнительным механическим напряжениям в стенках трубы.

Указанные факторы являются причинами прорывов стенок трубопроводов, что приводит к экологическим последствиям, о которых уже говорилось выше. Поэтому ставится задача, решение которой позволит прогнозировать возможность прорыва на определенном участке трубопровода. Задача усложняется большим числом влияющих факторов и их неполной определенностью.

Выделим наиболее значимые параметры, оказывающие существенное влияние на техническое состояние трубопровода. Исходя из условий эксплуатации, для труб в качестве основной характеристики примем механическую прочность, которая определяется качеством материала, толщиной стенки и нагрузками (статической и динамической):

$$n_0 = f(M_T, d_c, P_c, P_d), \quad (1)$$

где  $n_0$  – стандартная механическая прочность трубы,

$M_T$  – качественная характеристика материала трубы,

$d_c$  – толщина стенки трубы,

$P_c$  – статическая нагрузка на трубу,

$P_d$  – динамическая нагрузка на трубу.

В уравнении (1) под стандартной прочностью трубы понимается сохранение целостности трубы при предельно допустимом давлении, под воздействием которого материал трубы сохраняет свои свойства. Качественные характеристики определяются маркой стали, из которой труба изготовлена. Прочность трубы также зависит от толщины стенки. Условимся, что статическая нагрузка на трубу определяется отношением веса рабочего вещества, находящегося в данный момент в трубе, к половине площади внутренней по-



верхности трубы. Считаем, что поток вещества имеет постоянную скорость и неразрывен. Динамическая нагрузка под воздействием ветра и снегового слоя, оседающего на трубе, носит переменный характер вследствие изменения указанных внешних факторов.

Задача заключается в определении текущего значения прочности и его сравнении со стандартной прочностью, что дает основание судить о возможном прорыве на конкретном участке:

$$n_0 - n_T = \Delta n, \quad (2)$$

где  $n_T$  – текущее значение прочности;

$\Delta n$  – допустимый предел изменения параметра прочности.

В рабочем состоянии на трубопровод действуют две силы давления: внутренняя, обусловленная давлением пульпы, внешняя – от снеговой (ветровой) нагрузки. Примем условие, что внешнее воздействие постоянно по величине и направлению и статистически максимально по величине.

При таком допущении напряжения в стенках трубы, влияющие на прочность, определяются выражением (в радиальном направлении):

$$\sigma_r = \frac{p_1 r_1^2 - p_2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} - \frac{(p_1 - p_2) r_1^2 r_2^2}{(r_2^2 - r_1^2) r}, \quad (3)$$

где  $\sigma_r$  – нормальное напряжение в радиальном направлении;

$p_1, p_2$  – соответственно внутреннее и наружное давление;

$r_1, r_2$  – соответственно внутренний и наружный радиус трубы;

$r$  – координата (радиус) рассматриваемой точки стенки трубы.

Внутреннее давление на стенки трубы определяется весом или расходом пульпы, который можно представить как:

$$Q = v_{cp} \cdot F, \quad (4)$$

где  $Q$  – расход действительного потока пульпы;

$v_{cp}$  – средняя скорость пульпы;

$F$  – площадь поперечного сечения трубы.

Массовый (весовой) расход можно представить:

$$M \cdot g = Q \cdot p \cdot g, \quad (5)$$

где  $M$  – массовый (весовой) расход пульпы;

$p$  – плотность пульпы,

$g$  – ускорение силы тяжести.

Наружное давление на трубу зависит от снеговой нагрузки и определяется толщиной снегового покрова на трубах:

$$P_T = P_c, \quad (6)$$

где  $P_c$  – давление снегового покрова на трубу.

Считаем, что снеговой покров устойчиво держится только на верхней части трубопровода и давит вертикально вниз на трубу.

При таком условии можно записать:

$$p_c = \frac{v_c \cdot p_c}{F} = \frac{l \cdot h_c F_c p_c}{F}, \quad (7)$$

где  $v_c$  – объем снежного покрова по длине трубы;

$p_c$  – плотность снега;

$F$  – площадь поверхности трубы, находящейся под снежным покровом,

$l$  – длина рассматриваемого участка трубы,

$h_c$  – средняя высота снежного покрова,

$F_c$  – площадь снежного покрова.

Подставив в уравнение (4) значения  $P_1$  и  $P_2$  из уравнения (6) и (8), получим:

$$\sigma_r = \frac{M \cdot r_1^2 - P_c r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} - \frac{(M - P_c) r_1^2 \cdot r_2^2}{(r_2^2 - r_1^2) \cdot r}, \quad (8)$$

По уравнению (9) можно рассчитать напряжение, возникающее в стенках трубы при действующих нагрузках.

Критическое давление под действием равномерно распределенного давления  $P$ :

$$P_{кр} = \frac{E \cdot \delta^2}{4(1 - \mu^2) r_1^3}, \quad (9)$$

где  $E$  – модуль упругости;

$\delta$  – толщина стенки трубы;

$\mu$  – коэффициент Пуассона;

$r_1$  – внутренний радиус трубы.

Поскольку давление  $P$ , действующее на трубу, складывается из суммы внутреннего давления (6) и внешнего давления (8):

$$P_{\Sigma} = M + P_c, \quad (10)$$

то, сравнивая  $P_{\Sigma}$  с  $P_{кр}$ , можно судить о возможном прорыве на конкретном участке трубопровода.

При небольшом допущении конкретный участок трубопровода можно считать полым стержнем с закрепленными концами, на который действуют поперечные и продольные нагрузки. В этом случае нагрузки вызывают изгибающие моменты, которые зависят от величины прогиба. Наибольшее сжимающее напряжение в текущем сечении:

$$\sigma_r = \frac{S}{F} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{S \cdot v}{W_x}, \quad (11)$$

где  $S$  – продольная сжимающая сила, определяемая весом труб соседних участков;

$M_x = P_{\Sigma} l$  – изгибающий момент в рассматриваемом сечении, вызванный только поперечной нагрузкой;

$v$  – прогиб в текущем сечении, вызванный поперечной и продольной нагрузками;

$F$  – площадь поперечного сечения;

$W_x$  – осевой момент сопротивления в плоскости действия поперечной нагрузки.

Расчет на прочность в нашем случае связан с необходимостью определения величины прогиба трубы на конкретном участке. Величина прогиба  $v$  при продольно-поперечном изгибе может быть определена по приближенной формуле [3]:

$$v = \frac{v_n}{1 - S l S_0}, \quad (12)$$

где  $v_n$  – прогиб, вызванный лишь поперечными силами;

$S_0 = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_x}{(\mu \cdot l)^2}$  – Эйлера сила ( $E \cdot J_x$  – жесткость в плоскости действия

поперечных сил);

$l$  – длина рассматриваемого участка трубы;

$\mu$  – коэффициент приведенной длины (справочные данные).

Напряжения при продольно-поперечном изгибе возрастают быстрее, чем нагрузки. В этом случае коэффициент запаса устойчивости и определяется из уравнения:

$$\sigma_r = \frac{S \cdot n}{F} + \frac{M_x \cdot n}{W_x} + \frac{S \cdot v_n \cdot n^2}{W_x \cdot (1 - S \cdot n / S_0)}. \quad (13)$$

Таким образом, приведенная система уравнений позволяет рассчитать текущие значения величин, характеризующих прочность трубопровода, а по (12) и (13) возможно рассчитать критические напряжения и максимально допустимый прогиб рассматриваемого участка трубопровода. Сравнив расчетный допустимый прогиб с имеющимся, можно прогнозировать место возможного прорыва трубы и предотвратить негативное воздействие на природную среду.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Битюгин В. В., Мелихова Н. В.* Научно-технические аспекты защиты природной среды на Крайнем Севере // Экологическая безопасность как ключевой фактор устойчивого развития: сборник материалов международной экологической конференции. М.: МГТУ. 2004.

2. *Лолаев А. Б.* Геоэкологические проблемы промышленной гидротехники в криолитозоне / А. Б. Лолаев, В. В. Битюгин. М.: Недра, 2005.

3. *Федосьев В. И.* Сопротивление материалов / В. И. Федосьев. М.: Наука, 1970.



УДК 551.24(234.9)

*Д-р геолого-минерал. наук, профессор БЕРГЕР М. Г.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Северо-Кавказский инновационный центр «Устойчивое развитие горных территорий» СКГМИ (ГТУ).

<sup>2</sup> Геофизический институт ВНИИ РАН.

**ОБ ОСНОВНЫХ ПРИЗНАКАХ КОЛКИНСКОЙ КАТАСТРОФЫ  
2002 ГОДА КАК ПОКАЗАТЕЛЯХ ВЗРЫВОПОДОБНОГО  
НАПРАВЛЕННОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ВЫБРОСА  
ЛЕДНИКА КОЛКА**

*Все основные признаки Колкинской ледниковой катастрофы 2002 года, проявившиеся в ее эпицентре и сопредельной с ним зоне, ограниченной южными отрогами Скалистого хребта, совершенно однозначно показывают, что эта катастрофа представляла собой взрывоподобный направленный газодинамический выброс ледника Колка.*

**Ключевые слова:** *Колкинская катастрофа 2002 года, основные признаки, взрывоподобный направленный газодинамический выброс ледника, ледник Колка, поствулканические газы.*

*Prof. Berger M. G.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> *North Caucasus Innovation Center "Sustainable Development of Mountain Territories" NCIMM (STU)*

<sup>2</sup> *Geophysical Institute of VSC RAS.*

**ABOUT THE MAIN FEATURES OF 2002 KOLKA CATASTROPHE  
AS INDICATORS OF THE EXPLOSION-LIKE  
DIRECTED GASDYNAMICAL BURST OF KOLKA GLACIER**

*All the main features of 2002 Kolka glacier catastrophe that occurred in its epicenter, and adjacent zone bounded by the southern spurs of Rocky Ridge, quite clearly show that this catastrophe the explosion-like directed gasdynamical burst of Kolka glacier.*

Стало реальным изучение причинной взаимосвязи фиксируемых геологическими методами приповерхностных геологических явлений и структур с глубинными процессами дифференциации вещества, эндогенного режима и дегазации Земли.

*О. В. Равдоникас*

Цель создаваемой теории заключается прежде всего в том, чтобы понять все уже известные факты.

*Г. Бонди*

Самое важное для всякой научной теории требование, чтобы она соответствовала фактам, будет сохраняться всегда.

*А. Эйнштейн*

Достоверно установленные признаки грандиозной Колкинской ледниковой катастрофы 2002 г. в Северной Осетии весьма многочисленны и разнообразны.

Одни из них прямо и однозначно указывают на ее взрывной или взрывоподобный характер и эндогенную поствулканическую газодинамическую природу, другие не указывают на это, но и не противоречат такому заключению. Ни одного признака, который противоречил бы такому заключению, не существует.

В данной статье мы остановимся лишь на основных, самых главных, наиболее существенных и показательных признаках Колкинской катастрофы, общеизвестных, неоспоримых, абсолютно достоверно установленных, требующих объяснения в первую очередь и дающих для этого наиболее важную информацию.

\* \* \*

По всем (не вполне совпадающим, но и не слишком различающимся) данным, продолжительность основного первичного катастрофического события 20 сентября 2002 г., происшедшего на леднике Колка и в Геналдонском ущелье до Кармадонских ворот, составляла около 10 минут. Это дает основания для рассмотрения данного события, с учетом его гигантских масштабов, в качестве весьма быстро протекающего, практически почти (хотя и не вполне) мгновенного, что вполне согласуется с существующими представлениями о взрывоподобных внезапных газодинамических выбросах.

Основные факты, характеризующие это катастрофическое событие и его результаты (природные последствия), в сущности, сводятся к одному – практически мгновенному взрывоподобному внезапному разрушению и выбросу ледника Колка из его ложа и исключительно быстрому, весьма высокоскоростному перебросу основной части продуктов разрушения ледника примерно на 15 км в Кармадонскую котловину, ограниченную с севера Скалистым хребтом.

В результате этого почти одновременно (очевидно, с разрывом в несколько минут) возникли гигантская полость выброса на месте исчезнувшего (разрушенного до основания и выброшенного) ледника Колка и примерно равный по объему выброшенному леднику (его основной части), сложенный, безусловно, его материалом гигантский ледово-каменный (преимущественно ледовый) навал (завал) в Кармадонской котловине перед Скалистым хребтом, иногда именуемый также ледовым телом, квазиледником и Колкой-2. Как ни странно, эти важнейшие для идентификации геодинамического типа и механизма Колкинской катастрофы факты (особенно в их совокупности) зачастую не принимаются во внимание, не учитываются и не объясняются. (Предпри-

нимаемые иногда никак не аргументированные и ошибочные попытки отрицать эти факты, не признавать их существование, отрицать или ставить под сомнение их достоверность автор оставляет без обсуждения).

С учетом слабонаклонного карово-долинного залегания ледника Колка и субгоризонтального (иногда с набором высоты) движения ледникового материала в зоне транзита в Геналдонском ущелье, взрывное (взрывоподобное) газодинамическое объяснение такого практически мгновенного переброса гигантских ледово-каменных масс (порядка 100 млн т) на столь гигантское расстояние является единственно возможным. (Причем дальность этого переброса, безусловно, могла быть значительно большей, но была существенно ограничена преградой Скалистого хребта). По всем показателям, совершенно очевидно, что 20 сентября 2002 г. на леднике Колка произошел природный взрывоподобный внезапный газодинамический выброс исключительно большой мощности.

Все имевшиеся изначально и обнаруженные в последующем вполне достоверные, в том числе документально подтвержденные фактические данные, характеризующие подготовку, проявление и постпароксизмальное завершение Колкинской катастрофы, полностью подтверждают такое заключение.

Может быть, особенно показательными в данном отношении, в дополнение к приведенным выше основным фактическим данным, являются:

- зафиксированные туристами группы О. Неподобы еще на предкатастрофической стадии (подготовительной стадии газодинамического выброса) фумарольные проявления в разломной трещинно-разрывной зоне обвалов;

- многочисленные биопредвестники катастрофы, в том числе наблюдавшиеся на весьма значительном расстоянии (десятки километров) от ее эпицентра (данный абсолютно достоверно установленный по многим независимым свидетельствам факт, разумеется, не указывает на подготовку именно взрывоподобного газодинамического выброса ледника Колка огромной мощности (величине выделившейся энергии), но, конечно, полностью согласуется с таким заключением и, главное, опровергает различные альтернативные такому заключению версии и привлекаемые (предполагаемые) для их доказательства факторы – гляциодинамической подвижки и скопления аномально большого количества воды в леднике и на его ложе, гляциального селя (еще до Кармадонских ворот), накопления ледником некой критической массы, срыва ледника, выбивания или пробивания ледника обвальным ударом или рядом обвальных ударов и пр., а также декларативно отмечаемых иногда обвала или обрушения ледника, его подвижки-обрушения, сдвига или иного по характеру схода);

- барическое воздействие ударной воздушной волны в ходе катастрофы, ощущавшееся жителями селения Нижнее Кани (примерно в 15 км от эпицентра катастрофы), у которых «заложило уши» (что указывает на резкое изменение атмосферного давления при прохождении фронта ударной воздушной волны, вызванной взрывоподобным внезапным газодинамическим выбросом ледника Колка);

- заброс крупных порций ледово-каменного материала на высоту в сотни метров в бортах Колкинского и Геналдонского ущелий;

- длительно происходившее в затухающем режиме (в связи с постепенным истощением основного количества скопившихся на различной глубине

в подледниковом субстрате высоконапорных глубинных поствулканических газов и снижением величины их давления) интенсивное посткатастрофическое струйное поверхностное газовыделение в эпицентральной и сопредельной с ней зоне катастрофы (в основании правого борта тыльной области ложа ледника Колка), что, как известно, является весьма характерным для газодинамических выбросов большой мощности.

Существенное значение имеют и установленные в эпицентральной зоне Колкинской катастрофы Я. Д. Муравьевым [1] и другими исследователями (в том числе с помощью химико-аналитических методов) многочисленные данные о составе газовыделений, соответствующем мофетно-сульфатарной стадии газовой поствулканической деятельности.

Однако, как уже было отмечено автором в предшествующих публикациях, основное значение в подготовке и проявлении Колкинской катастрофы имело не газохимическое («геохимическое») и не геотермальное, а газодинамическое воздействие огромного количества высоконапорных глубинных поствулканических газов на ледник Колка, происходившее в пульсирующем режиме с быстро возрастающей интенсивностью и завершившееся взрывоподобным направленным газодинамическим выбросом ледника 20 сентября 2002 г., исключительно высокоскоростным инерциальным движением выброшенного ледово-каменного материала (продуктов разрушения ледника Колка) до Кармадонских ворот и последовавшим за ним (вызванным им) высоконапорным аномально высокоскоростным (на начальном этапе) гляциальным селом за Кармадонскими воротами.

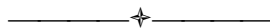
Проявился газодинамический выброс ледника Колка и на имеющихся сейсмограммах, хотя, как справедливо отмечают И. М. Петухов и А. М. Линьков [2, с. 72], «теория газодинамического выброса как источника сейсмического излучения крайне слабо разработана, что препятствует уверенной диагностике этих явлений, особенно в сложных и дискуссионных случаях».

Существуют вполне достоверные (хотя и не столь многочисленные) фактические основания полагать, что такой же взрывоподобный газодинамический характер имели и предыдущие пароксизмальные гигантские Колкинские (с эпицентром на леднике Колка) ледниковые катастрофы (1902, 1752 гг. и, вероятно, неоднократно происходившие, но не имеющие точной датировки более ранние), а также, вероятно, некоторые другие из числа известных в Казбекском и других горно-ледниковых районах пароксизмальных ледниковых катастроф гигантского масштаба.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Муравьев Я. Д.* Газовое извержение в цирке – возможная причина развития подвижки ледника Колка по катастрофическому сценарию // *Материалы гляциологических исследований.* 2005. Вып. 98. С. 44–55.

2. *Петухов И. М., Линьков А. М.* Механизм развязывания и протекания выбросов угля (породы) и газа // *Основы теории внезапных выбросов угля, породы и газа.* М.: Недра, 1978. С. 62–91.



### МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ДОРАБОТКИ ЗАПАСОВ

*Рассмотрен выбор варианта повторной разработки месторождений с использованием математической модели эколого-экономической оценки технологии. Определены коррелятивные зависимости между количеством добытого металла и содержанием металлов в руде. Сделаны выводы о влиянии качественных и количественных показателей добычи металлоносной закладки на себестоимость конечного продукта.*

**Ключевые слова:** *скальные месторождения, потерянные руды, эффективность добычи, разрушенный массив, бортовое содержание металла, скважина.*

Gurieva E. V.

### EFFICIENCY CONTROL MODEL FOR THE RESERVES TREATMENT

*Re-mining the selection the paper concerns option, using a mathematical model of the ecological and economic evaluation of the technology. The correlation dependences between the amount of the mined metal and the metal content in the ore are determined. Conclusions of qualitative and quantitative indicators effect of the metal-bearing tabs on the cost of the final product are made.*

**Key words:** *rock deposits, lost ore, extraction efficiency, destroyed array, airborne metal content, well.*

При эксплуатации сложноструктурных скальных месторождений полнота использования недр повышается повторной разработкой потерянных руд, но повышенные потери слежавшихся руд при их выпуске снижают экономическую эффективность добычи. Поэтому разработка технологических решений по повышению полноты использования недр и качества добываемых руд на основе рационального использования пробуренных в разрушенном массиве скважин является весьма актуальной проблемой [1].

Чтобы поддерживать конъюнктуру на приемлемом уровне, предприятия совершенствуют технологию горных работ, используя резервы. К ним относят и добычу отделенных от массива, не выданных из недр руд.



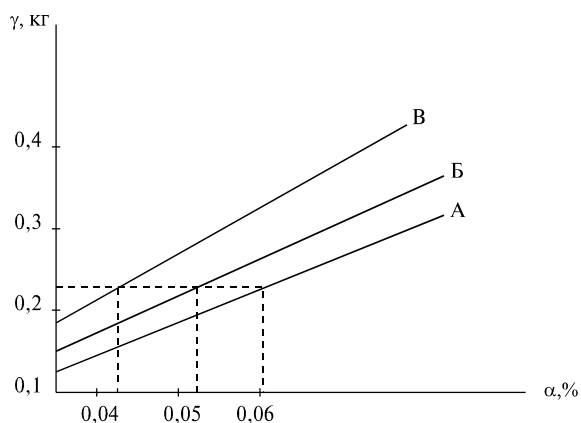


Рис. 1. Количество добытого металла и содержание металлов в руде

Показателями экономической целесообразности повторной отработки месторождений служат прибыль, доход и достижение отраслевого уровня рентабельности. Формирование рыночных цен на металл оказывает существенное влияние на экономическую оценку целесообразности повторной отработки месторождения, в том числе и на обоснование бортового содержания металла в потерянной руде [2].

Рост продукции в вариантах с более низкой себестоимостью добычи и переработки изменяется в значительных пределах и зависит от исходного содержания металла в руде [3]. Изменение бортового содержания металла в руде и себестоимость добычи зависимы, что позволяет прогнозировать бортовое содержание. Коррелятивные зависимости между количеством добытого металла и содержанием металлов в руде иллюстрируются рис. 1.

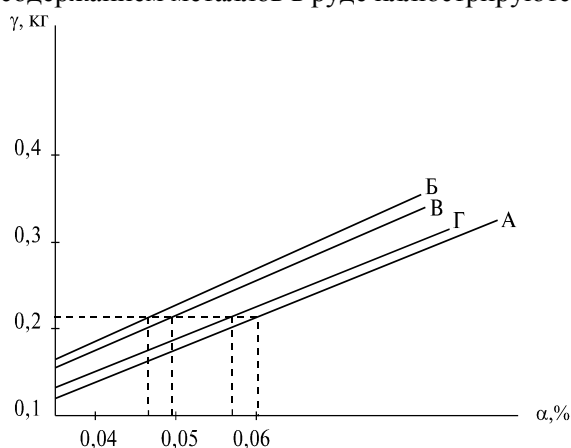


Рис. 2. Изменение бортового содержания металла при переменных показателях

Содержание металла в концентрате и извлечение изменяются как линейно, так и параболически, причем эти изменения происходят медленнее, чем изменения содержания металла в руде (α), а выход концентрата изменяется линейно и весьма существенно (рис. 2).

Оптимизация границ бортового содержания металла в руде влияет на формирование издержек при обогащении. Если предельное бортовое содержание металла в руде равно 0,9 %, то с учетом снижения потерь при добыче оно составит 0,7 %, что важно для поддержания сырьевой базы.

Выбор технологий повторной разработки производится по критерию «максимум прибыли» с учетом риска в условиях рыночной экономики.

Математическая модель эколого-экономической оценки выборов вариантов повторной добычи руд имеет вид:

$$\Pi = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R \left\{ \begin{aligned} & A(\Pi_z \varepsilon_z + \Pi_o \varepsilon_o + \Pi_3 \varepsilon_3) - \\ & - \sum_{n=1}^{\Pi} (Z_z + Z_o + Z_m) + \\ & + \sum_{v=1}^V [1 - (\varepsilon^{om} + \varepsilon_o^{om} + \varepsilon_m^{om})] \sum_{u=1}^{\Pi} \sum_{f=1}^F - \\ & - \sum_{z=1}^3 (Z_{y\bar{o}} - Z_{y\kappa}) + \\ & + \sum_{y=1}^Y (\Pi_y^3 \varepsilon_y^3 + \Pi_\delta^e \varepsilon_\delta^e) \end{aligned} \right\} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $\Pi$  – прибыль при освоении технологий, ден. ед./год;

$N$  – продукты добычи;

$M$  – извлекаемые металлы;

$K$  – схема добычи;

$T$  – время, годы;

$R$  – риск освоения технологий, доли ед.;

$A$  – объем добычи и переработки руд, физ. ед./год;

$\Pi_z, \Pi_o, \Pi_3$  – цены металлов и материалов, ден. ед./физ. ед.;

$\varepsilon_z, \varepsilon_o, \varepsilon_3$  – извлечение металлов, доли ед.;

$n$  – количество переделов руд;

$Z_z, Z_o, Z_m$  – затраты на переделах, доли ед.;

$V$  – объем отходов, мз;

$\varepsilon_{z,o,m}^{om}$  – выход отходов, доли ед.;

$\Pi$  – норматив штрафов за размещение отходов, ден. ед./физ. ед.;

$F$  – коэффициенты опасности хранения отходов добычи, доли ед.;

$Z$  – ущерб окружающей среде, ден. ед./физ. ед.;

$Z_{y\bar{o}}, Z_{y\kappa}$  – затраты на ликвидацию ущерба, ден. ед./физ. ед.;

$Y$  – объем утилизации отходов, физ. ед.;

$\Pi_y^3, \Pi_\delta^e$  – цена металла и цена продукции, ден. ед./физ. ед.;

$Z_y^3, Z_\delta^e$  – выход материалов при утилизации отходов.

Уточнение распределения металлов в потерянных ранее рудах и гарантированный выпуск их из блоков способствуют оздоровлению экономики предприятия за счет возврата потерянного сырья [4].

Прибыль при добыче, транспортировке, обогащении и металлургической переработке металлоносных масс, с учетом ущерба от потерь и разубоживания:

$$\Pi = \left[ Z_B \frac{Q_3 + Q_n}{Q_3} + Z_Y \frac{Q_3 + Q_n}{Q_3} + Z_H \frac{Q_3 + Q_n}{Q_3} + \right. \\ \left. + Z_\Pi \frac{Q_3 + Q_n}{Q_3} \right] - K_r \Pi_3 \left( \frac{1 - \Pi}{\Pi} \right) - \frac{R}{(1 - R)} \left[ \left( Z_B + \frac{Z_Y}{\gamma} \right) \right], \quad (2)$$

где  $C_3$  – ценность 1т выпущенной руды, руб./т;  
 $C_{3п}$  – ценность потерянной руды, руб./т;  
 $Z_B$  – затраты на выпуск и транспорт руды, руб./т;  
 $Z_y$  – затраты на упрочнение рудного массива, руб./т;  
 $U_{п}$  – ущерб от потерь 1т руды, руб./т;  
 $U_R$  – ущерб от разубоживания 1т руды, руб./т;  
 $Q_3$  – объем кондиционной руды в границах камеры, м<sup>3</sup>/блок;  
 $Q_{п}$  – объем пород, примешиваемых к руде, м<sup>3</sup>/блок;  
 $K_T$  – потери относительно погашаемых балансовых запасов, доли единицы;  
 $R$  – разубоживание руды, доли ед.;  
 $P$  – потери руды, доли ед.

Изучение влияния качественных и количественных показателей добычи металлоносной закладки на себестоимость конечного продукта позволило сделать выводы:

- бортовое содержание металла в руде является функцией технологии разработки месторождений и состояния сырьевой базы;
- бортовое содержание изменяется пропорционально изменению себестоимости добычи;
- с ростом потерь и разубоживания бортовое содержание металла в руде и себестоимость увеличиваются;
- на себестоимость добычи влияют как изменение технологических показателей обогатительного передела, так и изменение технико-экономических показателей технологии разработки;
- точки оптимального соотношения себестоимости добычи и обогащения, выхода концентрата и содержания металла в руде определяются графически;
- минимальное бортовое содержание металла в руде определяется с учетом потерь разубоживания, извлечения, содержания металла в концентрате, содержания металла в руде и себестоимости добычи и обогащения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Гуриева Е. В., Исмаилов Т. Т.* Повышение полноты использования недр интенсификацией выпуска при добыче потерянных руд // Горный информационно-аналитический бюллетень. № 4. 2009. С. 37–41.
2. *Логачев А. В.* Теоретическая основа поэтапной разработки сложных рудных месторождений. Разработка научных основ и способов ресурсосберегающей и экологически чистой технологии добычи полезных ископаемых /Материалы 51-й науч.-техн. конф. Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2002. С. 170–173.
3. *Голык В. И.* Специальные способы разработки месторождений. М.: ИНФРА-М, 2014. С. 131.
4. *Гуриева Е. В., Амбалова З. А.* Натурные исследования параметров выпуска руд. Горно-добывающий комплекс России: состояние, перспективы развития // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции. Владикавказ. 2007. С. 69–77.



*Д-р техн. наук, профессор КОДЗАЕВ Ю.В.,  
канд. техн. наук, доцент БОСИКОВ И.И.*

### **ПРОСТРАНСТВЕННО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

*Описывается пространственно-статистический анализ (ПСА), который позволяет: оценивать системные характеристики исследуемых множеств – их сложность, плотность, упорядоченность, организованность и т. п. ПСА, являясь формальным приемом исследования, обеспечивает воспроизводимость результатов; проводит формальные границы между геологическими объектами, не обладающими естественными границами, в частности, вычленять рудные зоны, зоны разломов; количественно исследовать качественные показатели, например сложность. В качестве обобщенной пространственно-статистической характеристики использован простой показатель сложности геологического строения (ПСГС).*

**Ключевые слова:** *пространственно-статистический анализ, рудные зоны, зоны разломов, показатель сложности геологического строения, вероятность, пространственная неоднородность, геологический объект.*

*Kodzaev Y. V., Bosikov I. I.*

### **SPATIAL AND STATISTICAL ANALYSIS OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE AND LOCATION OF MINERAL RESOURCES**

*The article describes the spatial and statistical analysis (PSA) that allows you to evaluate the characteristics of the system under study sets: their complexity, density, order, organization, etc. of PSA, as a formal reception research provides reproducible results;.. It allows for the formal boundaries between geological objects that do not have natural borders, in particular, to isolate the ore zones, fault zones; quantitatively investigate the quality indicators, such as the complexity. As a generalized space-statistic used simple indicator of the complexity of the geological structure (PSGS).*

**Key words:** *spatial and statistical analysis, the ore zone, fault zone, an indicator of structural complexity, probability, spatial heterogeneity, geological object.*

**Актуальность.** Изучение любого геологического объекта связано с оценкой его пространственной неоднородности. Количественная оценка неоднородности проводилась до сих пор, как правило, при детальном исследовании, т. е. охватывала локальные объекты и (или) структуры. Государственные средне- и крупномасштабные геологические съемки и разработка новых приемов анализа геологических данных создали условия для количественного подхода к оценке локальных и региональных пространственных неоднородностей. Одним из приемов изучения региональных пространствен-

ных неоднородностей является пространственно-статистический метод анализа [1, 2].

Основы метода таковы: если любую геологическую карту разбить на равновеликие участки регулярной сетью, то фиксируя наличие и количество оцениваемого геологического признака (параметра) на каждом участке карты, получают матрицу значений, которая может быть преобразована в систему изолиний, точнее топографических поверхностей Соболевского, отражающих пространственное распределение изучаемого свойства (признака или его параметра). С помощью этого метода исследуют любые качественные признаки и (или) их количественные параметры, обладающие изменчивостью в пространстве.

В качестве обобщенной пространственно-статистической характеристики использован простой *показатель сложности геологического строения* (ПСГС), предложенный Богацким [3, 4].

Для определения ПСГС нами на основании анализа фондовой литературы были выделены 47 признаков геологического строения, указывающих на предположительное наличие ПИ. Лист карты L-36-I масштаба 1:200 000 был разделён на 64 ячейки (листы госгеолкарт масштаба 1:25 000) с известными координатами центров (рис. 1).

$x^1$	$x^2$	$x^3$	$x^4$	$x^5$	$x^6$	$x^7$	$x^8$
$x^9$	$x^{10}$	$x^{11}$	$x^{12}$	$x^{13}$	$x^{14}$	$x^{15}$	$x^{16}$
$x^{17}$	$x^{18}$	$x^{19}$	$x^{20}$	$x^{21}$	$x^{22}$	$x^{23}$	$x^{24}$
$x^{25}$	$x^{26}$	$x^{27}$	$x^{28}$	$x^{29}$	$x^{30}$	$x^{31}$	$x^{32}$
$x^{33}$	$x^{34}$	$x^{35}$	$x^{36}$	$x^{37}$	$x^{38}$	$x^{39}$	$x^{40}$
$x^{41}$	$x^{42}$	$x^{43}$	$x^{44}$	$x^{45}$	$x^{46}$	$x^{47}$	$x^{48}$
$x^{49}$	$x^{50}$	$x^{51}$	$x^{52}$	$x^{53}$	$x^{54}$	$x^{55}$	$x^{56}$
$x^{57}$	$x^{58}$	$x^{59}$	$x^{60}$	$x^{61}$	$x^{62}$	$x^{63}$	$x^{64}$

Рис. 1. Схема разбивки карты на 64 ячейки листа госгеолкарты L-36-I

Признаки были выделены на основании стратиграфических, тектонических предпосылок наличия рудных ПИ.

Далее была проведена формализация признаков в *ноль-единичной системе* «да, нет», «1, 0» (наличие признака оценивается 1). Все значения заносились в таблицу, содержащую номер ячейки, координаты её центра и значения каждого признака в данной ячейке.

Каждый столбец-признак имеет оригинальное обозначение из букв английского алфавита и арабских цифр: P01, P02, P47 (в соответствии с порядковым номером признака); дополнительными столбцами таблицы являются порядковый номер (обозначается N) и координаты центров элементарных ячеек Госгеолкарты-200 в системе Pulkovo 1942 (в километрах –X, Y). ПСГС определяется суммированием общего количества основных элементов геологического строения для каждой из 64 ячеек, входящих в лист Госгеолкарты-200. Определим ПСГС для всех 64 листов по формуле:

$$ПСГС_i = \sum_{i=1}^{47} P_i$$

Результаты расчётов записаны ниже в табл.1.

Рассчитаем вероятность наличия месторождений. Для этого используем формулу:

$$P(AB) = N(AB)/N(B),$$

где  $N$  – количество клеток, на которое разбита площадь;

$N(B)$  – количество клеток с показателем сложности геологического строения, заключенного в определенных пределах;

$N(AB)$  – число месторождений, расположенных на площади с таким же показателем сложности геологического строения.

$$P(AB)_{1-5} = 0/5 = 0$$

$$P(AB)_{11-15} = 1/7 = 0,142857$$

$$P(AB)_{6-10} = 2/50 = 0,04$$

$$P(AB)_{16-20} = 2/2 = 1$$

Результаты вычислений занесены в табл. 1.

Таблица 1

**Результаты вычислений**

Номер ячейки	PSGS	Номер ячейки	PSGS	Номер ячейки	PSGS	Номер ячейки	PSGS
1	9	17	11	33	13	49	10
2	7	18	9	34	9	50	8
3	8	19	7	35	9	51	11
4	10	20	9	36	9	52	8
5	6	21	5	37	14	53	8
6	7	22	8	38	11	54	7
7	7	23	8	39	9	55	8
8	7	24	5	40	4	56	7
9	9	25	12	41	10	57	9
10	3	26	9	42	9	58	7
11	5	27	7	43	9	59	9
12	7	28	8	44	18	60	8
13	7	29	4	45	20	61	10
14	9	30	8	46	9	62	13
15	7	31	9	47	7	63	10
16	6	32	6	48	10	64	8

Таблица 2

**Результаты вычисления условной вероятности**

PSGS	N(B)	N(AB)	P(AB)
1-5	5	0	0
6-10	50	2	0,04
11-15	7	1	0,142857
16-20	2	2	1

Таблица 3

## Значения ПСГС и вероятностей нахождения МПИ

N	X	Y	PSGS	VER
1	2	3	4	5
1	8460610	7541980	9	0,040
2	8466000	7541800	7	0,040
3	8471330	7541660	8	0,040
4	8476630	7541560	10	0,040
5	8481820	7541440	6	0,040
6	8486950	7541360	7	0,040
7	8492290	7541240	7	0,040
8	8497560	7541260	7	0,040
9	8460520	7532410	9	0,040
10	8466020	7532090	3	0,000
11	8471200	7532090	5	0,000
12	8476510	7532090	7	0,040
13	8481690	7532090	7	0,040
14	8486800	7531960	9	0,040
15	8492300	7532160	7	0,040
16	8497460	7532000	6	0,040
17	8460430	7523550	11	0,143
18	8465730	7523460	9	0,040
19	8471010	7523320	7	0,040
20	8476200	7522930	9	0,040
21	8481590	7522980	5	0,000
22	8486900	7523040	8	0,040
23	8492160	7523040	8	0,040
24	8497580	7522930	5	0,000
25	8460120	7513890	12	0,143
26	8465500	7513800	9	0,040
27	8470860	7513720	7	0,040
28	8475980	7513860	8	0,040
29	8481450	7513720	4	0,000
30	8486640	7513720	8	0,040
31	8492100	7513720	9	0,040
32	8497460	7513660	6	0,040
33	8460060	7504610	13	0,143
34	8465350	7504640	9	0,040
35	8470860	7504580	9	0,040
36	8476100	7504520	9	0,040
37	8481530	7504520	14	0,143
38	8486870	7504520	11	0,143
39	8492090	7504410	9	0,040
40	8497490	7504410	4	0,040
41	8459860	7495260	10	0,040
42	8465270	7495230	9	0,040
43	8470690	7495170	9	0,040
44	8475880	7495350	18	1,000
45	8481300	7495230	20	1,000
46	8486660	7495290	9	0,040

1	2	3	4	5
47	8492000	7495230	7	0,040
48	8497390	7495290	10	0,040
49	8459910	7485970	10	0,040
50	8465300	7485880	8	0,040
51	8470510	7485800	11	0,143
52	8475920	7485910	8	0,040
53	8481470	7485770	8	0,040
54	8486630	7485830	7	0,040
55	8492000	7485880	8	0,040

Используя полученные данные ПСГП и вероятностей нахождения МПИ, построим график их зависимости (рис. 2):

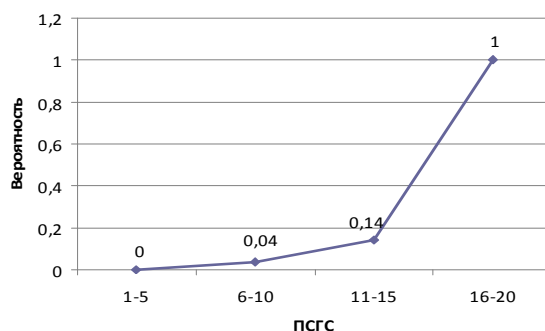


Рис. 2. График зависимости ПСГС от вероятности наличия месторождений

Проанализировав график зависимости ПСГС и вероятностей, мы можем сделать вывод о том, что чем выше показатель ПСГС, тем выше вероятность нахождения в ячейке МПИ. На основании этой закономерности мы можем построить карты перспективных площадей по данным ПСГС и вероятностей (рис. 3)[10–14].

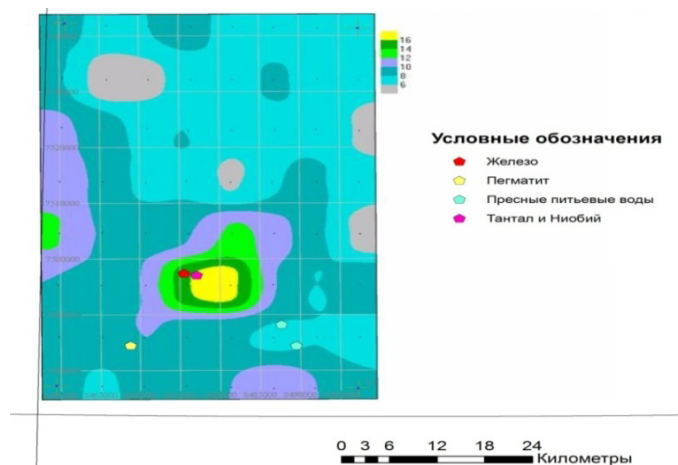


Рис. 3. Карта перспективности по данным ПСГС



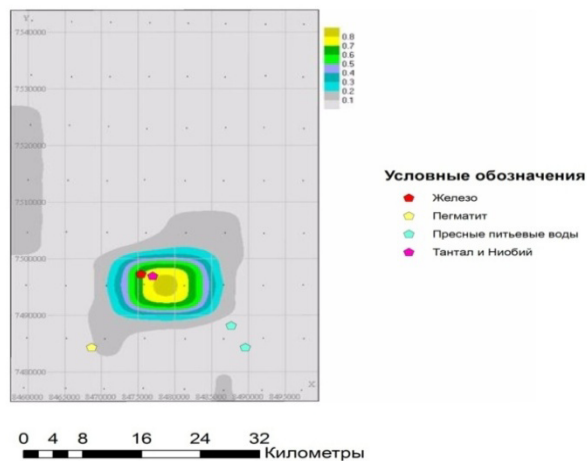


Рис. 4. Карта перспективных площадей по данным вероятностей

Для проверки полученных результатов ниже мы попробуем произвести корреляционный анализ поисковых признаков и оценить перспективность отдельных ячеек при помощи метода Де Джеффри-Вигнала [5, 7]. В качестве основной характеристики взаимосвязанности альтернативных признаков используется коэффициент корреляции событий. Все возможные для матрицы исходных данных значения коэффициентов корреляции, множества признаков объединяются в корреляционную матрицу. Анализ структуры выполняется методом кластерного анализа, позволяющего изобразить ее графически при помощи корреляционной дендрограммы. Предварительно корреляционная матрица, представляющая собой матрицу сходства признаков, должна быть преобразована в матрицу расстояний, например, при помощи простого линейного преобразования:

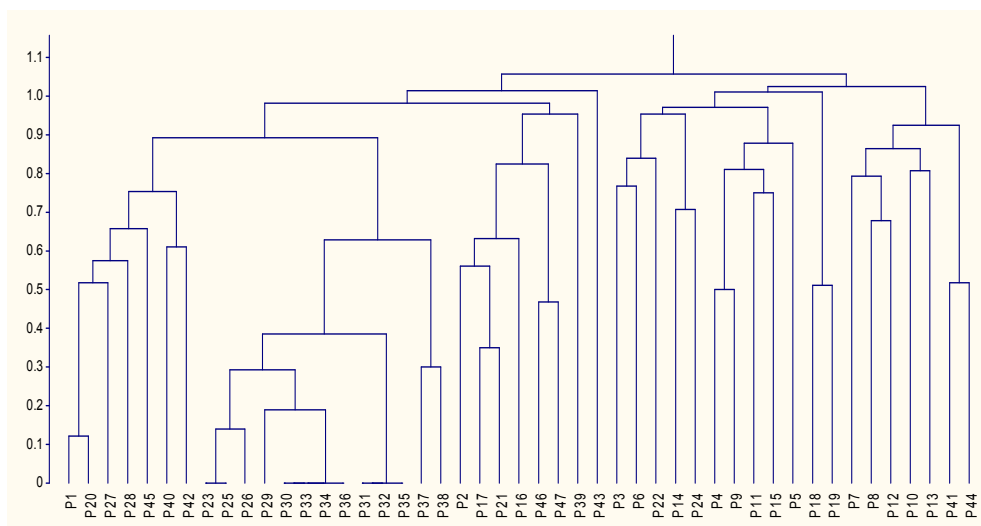


Рис. 5. Корреляционная дендрограмма

$$d_{ij} = 1 - r_{ij}.$$

Далее, при помощи программы Dendrogramm, производится построение корреляционной дендрограммы по данным матрицы расстояний (рис. 5).

Для построения карты перспективности, используя метод Де Джеффри-Вигнала, необходимо:

1. Рассчитать информативность  $I_k$  отдельных признаков по формуле:

$$I_k = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M n_{kj}}, \quad (1)$$

где  $N$  – число объектов,

$M$  – число признаков,

$n_{kj}$  – частота совместного появления  $k$ -го и  $j$ -го признаков, определяемая через исходную таблицу признаков по формуле:

$$n_{kj} = \sum_{i=1}^M P_{ik}, \quad (2)$$

$P_{ik}$  и  $P_{ij}$  – значения (0 или 1)  $k$ -го и  $j$ -го свойств для  $i$ -го объекта. Сумма (2) увеличивается на 1 при одновременном наличии двух признаков.

2. Построить убывающий ряд информативности признаков, изобразив его таблично и графически (табл. 4 и рис. 6) [6, 7, 8].

Таблица 4

#### Ряд информативности признаков

P	Ip	P	Ip	P	Ip	P	Ip
P01	0,17972	P13	0,01852	P25	0,0291	P37	0,01019
P02	0,07452	P14	0,0533	P26	0,02268	P38	0,01529
P03	0,13057	P15	0,00684	P27	0,07043	P39	0,00721
P04	0,13578	P16	0,08892	P28	0,09325	P40	0,01348
P05	0,01206	P17	0,0221	P29	0,02268	P41	0,01459
P06	0,2313	P18	0,02558	P30	0,01823	P42	0,01852
P07	0,12448	P19	0,01765	P31	0,00967	P43	0,00603
P08	0,03834	P20	0,16267	P32	0,00967	P44	0,01248
P09	0,16574	P21	0,0221	P33	0,01823	P45	0,20139
P10	0,17483	P22	0,01184	P34	0,01823	P46	0,21839
P11	0,07051	P23	0,0291	P35	0,00967	P47	0,21454
P12	0,03516	P24	0,00684	P36	0,01823		

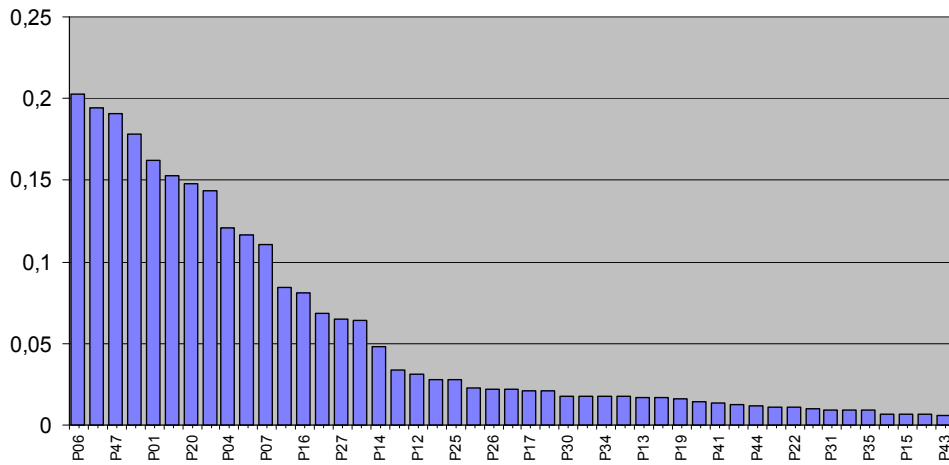


Рис. 6. Ряд информативности признаков

3. Определить информационные веса (индексы относительной перспективности)  $J_i$  для 64 элементарных ячеек Госгеолкарты-200 как суммы информативностей, проявленных в пределах ее признаков (табл. 5).

Таблица 5

Суммы информативностей, проявленных в пределах их признаков

N	Jk	N	Jk	N	Jk	N	Jk
1	1,33271	17	1,53654	33	1,75249	49	1,54939
2	1,15551	18	1,36857	34	1,37113	50	1,15388
3	1,28993	19	1,0428	35	1,39354	51	1,37139
4	1,51533	20	1,29968	36	0,80361	52	1,34921
5	0,67432	21	0,90903	37	1,99514	53	1,31374
6	0,90788	22	1,18381	38	1,90208	54	1,28253
7	0,9627	23	1,13734	39	1,55969	55	1,40901
8	0,90562	24	1,04045	40	0,51572	56	1,14577
9	1,17547	25	1,62192	41	1,41912	57	1,57775
10	0,58167	26	1,3447	42	1,32222	58	1,04918
11	0,91473	27	1,04971	43	1,28894	59	1,35049
12	1,21108	28	1,16182	44	1,2933	60	1,16942
13	1,27114	29	0,70764	45	1,63182	61	1,44657
14	1,34848	30	1,35962	46	1,31178	62	1,80259
15	1,01494	31	1,40746	47	1,04802	63	1,6564
16	0,77593	32	0,93266	48	1,23643	64	1,39918

$$J_i = \sum_{k=1}^M P_{ik} I_k, \quad (3)$$

где  $I_k$  – информационный вес  $k$ -го признака,  
 $P_{ik}$  – значение  $k$ -го признака для  $i$ -го объекта.

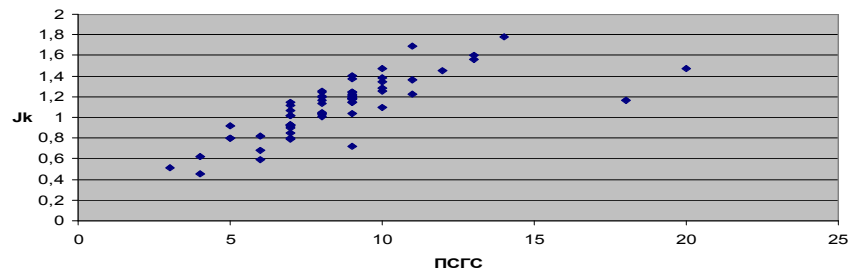


Рис. 7. Индексы относительной перспективности

4. Составить схему изолиний индексов относительной перспективности в пределах заданного листа Госгеолкарты-200 (рис. 8).

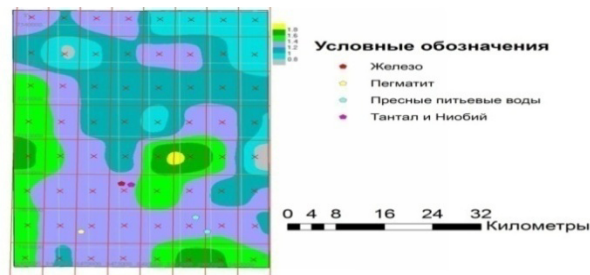


Рис. 8. Схема относительной перспективности элементарных ячеек

### Заключение

Пространственно-статистический анализ (ПСА) позволяет оценивать системные характеристики исследуемых множеств: их сложность, плотность, упорядоченность, организованность и т. п. ПСА, являясь формальным приемом исследования, обеспечивает воспроизводимость результатов; позволяет проводить формальные границы между геологическими объектами, не обладающими естественными границами, в частности, вычленять рудные зоны, зоны разломов; количественно исследовать качественные показатели, например сложность.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Поротов Г. С. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. СПб., 2004.
2. Сборник руководящих материалов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. Том 2. М., 2006.
3. Босиков И. И., Аликов А. Ю. Математические модели и способы их построения при проведении геолого-разведочных работ // Перспективы науки. 2013. № 6 [45]. С. 59–62.
4. Босиков И. И., Аликов А. Ю. Исследование закономерностей функционирования ППС горно-перерабатывающего комплекса с помощью математических моделей // Перспективы науки. 2012. №1(28). С.70–72.
5. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981. 488 с.

6. Рыков А. С. Модели и методы системного анализа: принятие решений и оптимизация: Учебное пособие для вузов. М.: Изд. дом «Руда и металлы», 2005. 352 с.
7. Соколов А. А. Разработка новых методов и средств анализа обработки информации и управления сложными природно-техническими системами // Доклады МОИП. 2010. Т. 44.
8. Босиков И. И., Клюев Р. В. Методы системного анализа природно-техногенной системы горно-металлургического комплекса. Владикавказ: ИП Цопанова А.Ю., 2015. 124 с.
9. Saaty T. L. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process // Management Science. 1986, July. Vol. 32, № 7. P. 841–855.
10. Saaty T. L., Vargas L. C. Inconsistency and rank preservation // J. of Mathematical Psychology. 1984, June. Vol. 28. № 2. P. 205–241.
11. Saaty T. L. Generalization of Perron's theorem to hierarchic composition. – Unpublished manuscript. University of Pittsburg, 1984.
12. Pismenny A., Chaadaev A., Akishev A., Bondarenko I., Babaskin S. Innovative technologies at open-cast mining of diamond deposits // Innovations and Nanotechnologies of Russia. 2012. № 1(2). P. 38–39.
13. Gongwen Wang, Ruixi Li, Emmanuel John M. Carranza, Shouting Zhang, Changhai Yan, Yanyan Zhu, Jianan Qu, Dongming Hong, Yaowu Song, Jiangwei Han, Zhenbo Ma, Hao Zhang, Fan Yang. 3D geological modeling for prediction of subsurface Mo targets in the Luanchuan district, China // Ore Geology Reviews. 2015. Vol. 71. P. 592–610.
14. Ali Bahri Najafi, Golam Reza Saeedi, Mohammad Ali Ebrahimi Farsangi. Risk analysis and prediction of out-of-seam dilution in longwall mining // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2014. Vol. 70. P. 115–122.



УДК 622.73

*Д-р техн. наук, профессор КЛЫКОВ Ю. Г.*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЗМА СЕЛЕКТИВНОЙ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ  
ЧАСТИЦ В ПРОЦЕССЕ ИСТИРАНИЯ**

*В статье приведены некоторые положения дезинтеграции сростков рудных и нерудных минералов в частицах при процессе их истирания.*

*Предложены формулы для определения раскрытия сростков минералов.*

*Рассмотрен процесс дезинтеграции как разрушение поверхностности частиц концентрата при их истирании.*

**Ключевые слова:** концентрат, частицы, дезинтеграция, селективность.

*Klykov Yu. G.*

**DETERMINATION MECHANISM OF SELECTIVE DISINTEGRATION  
OF PARTICLES DURING ABRASION**

*The article presents some of the provisions of disintegration of concretions of metallic and nonmetallic minerals in the particles during the process of attrition . Formulas for determining the disclosure of mineral aggregates. The processes of disintegration as the destruction of the surface of the particles concentrate at their attrition.*

**Key words:** concentrate, particles, the disintegration, selectivity.

Концентраты на обогатительных фабриках преимущественно представлены сростками рудных и нерудных минералов. Между их слоями залегают тонкие прослойки и вкрапления. Обычно эти сростки весьма прочны и для необходимого раскрытия минералов требуется тонкое измельчение.

Разрушить сростки можно следующим образом:

– их ударом друг о друга с большой скоростью или истиранием в мельницах самоизмельчения;

– серией ударов измельчающими телами или истиранием о шероховатую поверхность в мельницах ударного типа, УДА-мельницах (дезинтеграторы Хинта);

– раскалыванием путем сжатия и мгновенного сброса давления во взрывных мельницах, мельницах Снайдерай электрогидравлических мельницах;

– пробоями электрическим током непроводящих частиц в проводящей жидкости.

Возможно измельчение в вертикальной мельнице самоизмельчения, где разрушение сростков производится с помощью ударов и истиранием частиц друг о друга. Для рассмотрения процесса измельчения представляем его как разрушение поверхностности частиц концентрата при их истирании.

Целью проводимых исследований является определение момента начала поверхностного разрушения, необходимых для этого минимальных напряже-

ний, определение конечных показателей процесса: удельной производительности по кл. -0,074 мм, временных данных и других определяющих факторов.

Решение поставленной задачи в общем виде представляется чрезвычайно сложным из-за невозможности достоверного учета всех влияющих на процесс измельчения факторов. Ограничим ее следующими условиями, в наименьшей степени, по нашему мнению, искажающими конечный результат:

- поверхностное разрушение рассматриваем как чисто механическое разрушение по площади контакта кусков измельчаемого тела, без осложняющих действий тепловых процессов;

- куски измельчаемого тела считаем однородными изотропными телами с определенным пределом прочности и модулем упругости;

- считаем, что при воздействии нагрузки куски измельчаемого тела ведут себя по закону Гука, т.е. при разрушении их деформации прямо пропорциональны прикладываемым нагрузкам;

- модуль упругости и предел прочности являются обобщенными характеристиками физико-механических свойств измельчаемых кусков.

Внастоящейработе автором предлагается рассматривать процесс поверхностного разрушения кусков твердого тела как результат перемещения двух кусков относительно друг друга, при этом на плоскости их контакта возникают силы трения (рис. 1).

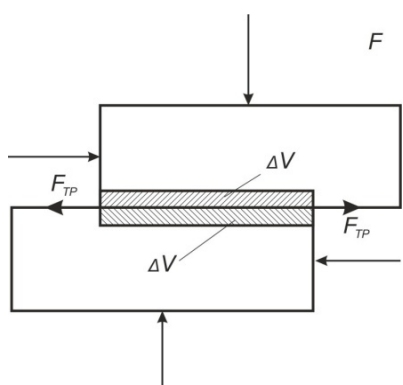


Рис. 1. Механизм поверхностного разрушения кусков материала

Работа сил трения:

$$A_{TP} = F_{TP} \cdot L = f \cdot P \cdot S \cdot L, \quad (1)$$

где  $F_{TP}$  – сила трения, Н;

$L$  – путь трения, м;

$f$  – коэффициент трения;

$P$  – удельное давление на измельчаемый материал, Па;

$S$  – площадь контакта кусков, м<sup>2</sup>.

С другой стороны, работа сил трения расходуется на разрушение кусков измельчаемого материала и образование тепла:

$$A_{TP} = A_T + A_P, \quad (2)$$

где  $A_P$  – работа разрушения;

$A_T$  – теплота, выделившаяся при разрушении.

С учетом принятых допущений, считаем, что количество выделившейся теплоты мало по сравнению с энергией, затраченной на разрушение, тогда:

$$A_{TP} = kA_P, \quad (3)$$

где  $k$  – удельная объемная работа упругой деформации.

При тонком измельчении происходит разрушение сростков минералов, причем размер сростков мал по сравнению, как с размером измельчае-

мого куска, так и размером минерала. Считая, что часть объема измельчаемого тела, подвергнувшегося критическим деформациям, равна объему измельченного продукта и, используя известную зависимость Кирпичева–Кика[1], получим:

$$A = \frac{\sigma^2}{2E} V \quad (4)$$

и применив формулы (1) и (3), решим уравнение относительно  $V$ :

$$V = k \frac{fPSL2E}{\sigma^2}, \quad (5)$$

где  $f$  – коэффициент трения сцепления;

$P$  – удельное давление, Па;

$S$  – площадь контакта кусков, м<sup>2</sup>;

$L$  – путь трения, м;

$E$  – модуль упругости, Па;

$\sigma$  – предел прочности, Па;

$k$  – удельная объемная работа упругой деформации;

$V$  – объем измельчаемого продукта, м<sup>3</sup>.

Полученная формула дает объем измельчаемого продукта при истирании кусков на пути трения  $L$ .

Продифференцируем полученное уравнение по времени измельчения  $\tau$ :

$$\frac{dV}{d\tau} = k \frac{2fES}{\sigma^2} \left( L \frac{dP}{d\tau} + P \frac{dL}{d\tau} \right) \quad (6)$$

и при  $P = \text{const}$  получим интенсивность измельчения по объему:

$$J_V = k \frac{2fESP}{\sigma^2} \quad (7)$$

Интенсивность измельчения по массе равна:

$$J_m = k \frac{2fESP\gamma}{\sigma^2}, \quad (8)$$

где  $\gamma$  – плотность измельчаемого материала, кг/м<sup>3</sup>.

Полученные зависимости справедливы и в том случае, когда с поверхности измельчаемого тела отделяются мелкие частицы, обладающие большой поверхностной энергией, равной работе, которую необходимо затратить, чтобы извлечь из объемов двух фаз количество частиц, необходимое для образования единицы площади поверхностного слоя.



В этом случае используем формулу Риттингера [2]:

$$A_p = \sigma_n \Delta S, \quad (9)$$

где  $\sigma_n$  – удельная поверхностная энергия, Дж/м<sup>3</sup>;  
 $\Delta S$  – единица площади поверхностного слоя, м<sup>2</sup>.

Удельная поверхностная энергия связана с прочностью твердого тела выражением [9]:

$$\sigma_n = \frac{\sigma^2 \omega}{2E}, \text{ Дж/м}^2,$$

где  $\sigma_n$  – межатомное расстояние кристаллической решетки, мм,

тогда:

$$A_p = \frac{\sigma^2 \omega}{2E} \Delta S \quad (10)$$

Поскольку произведение  $\omega \Delta S$  (мм<sup>3</sup>) пропорционально объему измельченного продукта, то получим выражение, аналогичное (8).

В результате выполненных теоретических исследований будет осуществлен переход к экспериментальным исследованиям селективной дезинтеграции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик: в 2 кн./Редкол. О. Н. Тихонов и др. М.: Недра, 1988. кн. 2 / Г. И. Адамов, В. Ф. Баранов, Б.П. Бутусов и др. 341 с.: ил.

2. *Разумов К. А., Перов В. А.* Проектирование обогатительных фабрик. Учебник для ВУЗов. 4 изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1982. 518 с.



УДК [502,5+524,5]:622,7(470.65)

*Аспирант НАНИЕВА З. В.,  
канд. техн. наук, доцент КИБИЗОВ С. Г.,  
канд. техн. наук, доцент КРИТСКАЯ М. Ж.,  
канд. техн. наук, доцент НАНИЕВА Б. М.*

#### РЕКОНСТРУКЦИЯ И УКРЕПЛЕНИЕ БЕРЕГОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ИХ РАЗРУШЕНИЯ И РАЗМЫВА

*В статье рассматриваются виды и способы укрепления берегов рек и хвостохранилищ от загрязнения промышленными отходами и предотвращения загрязнения почвы размывом и расползанием границ хвостохранилищ.*

*Реконструкция вызвана медленным процессом размывания и разрушения границ хвостохранилищ, который является естественным процессом.*

**Ключевые слова:** *реконструкция, загрязнение окружающей среды, размыв берегов, безотходное производство, переработка отходов, укрепление берегов, виды конструкций.*

*Naniyeva Z. V., Kibizov S. G., Kretan M. J., Naniyeva B. M.*

## **RECONSTRUCTION AND STRENGTHENING OF THE COAST OF TAILINGS RBOGATITELNYH FACTORIES TO PREVENT THEIR DESTRUCTION AND EROSION**

*Reconstruction and strengthening of the tailing dumps and rivers of wastes of mining banks from the industrial wastes contamination and soil contamination prevention due to the tailing dumps borders destruction.*

*The kinds and methods of strengthening rivers banks and tailing dumps of from contamination with the industrial wastes and prevention of the soil contamination was are considered in the article . Reconstruction is caused by the slow erosion process and destruction of the tailings borders, which is a natural.*

**Key words:** *reconstruction, pollution, coastal erosion, non-waste production, waste management, coastal protection, construction types.*

Деятельность человека, как показывает практика, не всегда корректно совершалась в отношении экологической безопасности и мало разрабатывалось практических мероприятий по вопросам безотходного производства промышленных и горных предприятий. Скопление промышленных отходов и отвалов горных предприятий на больших территориях слеживается или растёт, вызывая различные небезопасные экологические состояния воздуха и почвы [1].

В настоящее время на крупных предприятиях предусмотрены мероприятия по безотходному производству, а в больших городах планируются и строятся предприятия по переработке бытовых и промышленных отходов и их дальнейшему безопасному захоронению [2].

На территории Республики Северная Осетия-Алания находятся залежи отходов и отвалов от производства промышленных предприятий и обогатительных фабрик Мизура и Садона. Переработка слежалых отходов-отвалов давно проводится на заводе «Электроцинк» [3].

Это вынужденные мероприятия и их приходится проводить еще из-за последовательного истощения месторождений полезных ископаемых и необходимости разработки новых методов обогащения бедных руд из отвалов, для извлечения из них цветных металлов, в которых остро нуждаются промышленные предприятия различных отраслей [4].

Реконструкция и укрепление границ хвостохранилища Мизурской обогатительной фабрики, расположенного в центральной части Алагирского района, в долине реки Ардон, на ее левом берегу, между двумя селениями, вызвано медленным процессом размывания и разрушения границ хвостохранилища, который является естественным, специалистами были спрогнозированы еще в период проектирования хвостохранилища. Мероприятия по

берегоукреплению весьма затратны, но без них хвостохранилище может со временем разрушиться и нанести большой урон реке Ардон и почве вокруг хвостохранилища.

Состав хвостов, по данным разных исследователей, содержит 41 % силикатного песка. Используя этот песок и добавляя цемент, можно изготовить цементно-бетонные кубы или пирамиды с габаритными размерами куба 1 м:

$$V_{\text{куба}} = a \cdot b \cdot c = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1 \text{ м}^3,$$

$$V_{\text{пирамиды}} = - \cdot 1 \cdot 1 = - \text{ м}^3,$$

и расположить их вдоль реки Ардон в пределах хвостохранилища. Эти кубы или пирамиды можно связать многожильными канатами в виде петель. Такая цепочка бетонных кубов или пирамид предотвратит разрушение и размыв берегов реки Ардон и хвостохранилища.

Можно еще использовать габионные конструкции. При определенных условиях большой поток воды размывает основания защитных дамб и образует под ними протечки. Габионы обеспечивают надежный отвод воды в водоемах, предохраняют от эрозии их стенки и дно. Габионы не только позволяют бороться с оползнями разных типов и эрозией грунтов, но и приносят эстетическое наслаждение [5], т. к. габионные конструкции имеют уникальное свойство сливаться с природой. Через некоторое время после установки они становятся частью ландшафтного дизайна. Поверх габионов образуется растительность, что влияет на повышение их устойчивости и прочности.

Создание конструкции габиона производится путем отбортовки или загиба заготовок, сделанных из шестиугольной сетки, и последующей сшивки основной заготовки с диафрагмами и торцевыми стенками. Сетчатые коробчатые конструкции представляют собой естественные строительные блоки, предназначенные для создания облицовок водосливных плотин, подпорных стенок и др.



Рис. 1. Габионная конструкция (фото)

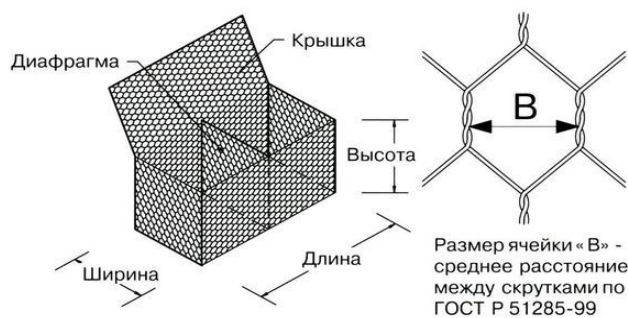


Рис. 2. Схема конструкции габиона

Габионные конструкции обладают следующими свойствами:

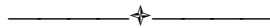
- Экологичность. В окружающую среду при формировании сооружений из габионов попадает меньше 5% искусственных материалов. Основа материалов – природный камень. Не менее важным фактом для экологического баланса является свободная фильтрация воды через габионы.
- Высокая прочность и устойчивость габионных конструкций обусловлены возможностью выдерживать значительные нагрузки без разрушения. Следует отметить, что прочность габионных сооружений с годами увеличивается за счет естественной консолидации.
- Водопроницаемость и пористость габионов исключает появление гидростатических нагрузок и создает дренирование обратной засыпки, которое не требует дополнительных затрат на устройство обратного фильтра и дренажа.
- Гибкость габионных конструкций достигается наличием металлической сетки, которая позволяет сооружению противостоять эрозии откосов, сплывам и осадкам нестабильных грунтов.
- Долговечность. Проведенные в настоящее время наблюдения за функционированием габионных конструкций дают основания утверждать, что при условии грамотного и правильного проекта срок службы габионов практически не ограничен.
- К существенным характеристикам габионных конструкций относятся простота технологии строительства и конструкции, малые объемы подготовительных работ возводимых сооружений и минимальные эксплуатационные расходы.
- Укрепление габионами поможет решить не только проблему размывания берегов, но и изменить береговой рельеф – например, намыт дополнительный пляж, создать стоянку для плавательных средств или проложить красивую набережную.

Выводы из вышепредложенных способов предотвращения загрязнения почвы и реки следующие:

1. Сохранение экологической безопасности реки Ардон для флоры и фауны;
2. Сохранение безопасности близлежащих земель, почвы от загрязнения тяжелыми металлами, присутствующими в хвостохранилище;
3. Использование предложенных методов на других хвостохранилищах обогатительных фабрик.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Пестриков С. В., Красногорская Н. Н., Сапожникова Е. Н., Исаева О. Ю.* Снижение экологической опасности металлсодержащих сточных вод. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет. 2006. 252 с.
2. *Проскуряков В. А., Шмидт Л. И.* Очистка сточных вод в химической промышленности. Л.: Химия, 1977. 464
3. <http://gradus.pro/tag/mizurskaya-obogatitel-naya-fabrika/>
4. *Пальгунов П. П., Сумароков М. В.* Утилизация промышленных отходов М. Стройиздат, 1990, 352 с.: илл. (Охрана окружающей природной среды). ISBN 5-274-004407.
5. Электронный ресурс: [<http://ru.wikipedia.org>]



УДК 621.315.592

*Канд. техн. наук, доцент АГАЕВ В. В.,  
канд. техн. наук, доцент ЯБЛОЧКИНА Г. И.*

**ОЦЕНКА ВЕРХНЕГО ПРЕДЕЛА СКОРОСТИ ПОВЕРХНОСТНОЙ  
РЕКОМБИНАЦИИ В n-InP, ЛЕГИРОВАННОГО Sn**

*Измерив время спада и внешний квантовый выход интенсивности люминесценции, была оценена скорость поверхностной рекомбинации. Ее значение составляло  $S = 4,2 \cdot 10^3$  см/с.*

**Ключевые слова:** квантовый выход, оптоэлектронные приборы, поверхностная рекомбинация.

Фосфид индия является одним из перспективных материалов в системе  $A^3B^5$  для создания различных оптоэлектронных приборов. Аномально высокая внешняя квантовая эффективность указывает на то, что в объеме пленки основным процессом является процесс излучательной рекомбинации, и только поверхностные уровни создают безызлучательный канал рекомбинации.

Определив величины  $\eta_e$  и  $\tau_c$ , можно таким образом, как и в [1] оценить верхний предел скорости поверхностной рекомбинации в тонких образцах n-InP.

Оценка скорости поверхностной рекомбинации основана на следующих допущениях:

1) безызлучательные потери в объеме материала исследуемых образцов незначительны и рекомбинационные процессы в объеме связаны только с излучательными переходами.

2) скорость диффузии неравновесных носителей много больше скорости поверхностной рекомбинации, т. е.  $D/L_D > S$ ,  
где  $D$  – коэффициент диффузии,

$S$  – скорость поверхностной рекомбинации,

$L_D$  – диффузионная длина смещения неравновесных дырок.

Первое из сделанных предположений требует дополнительных пояснений, так как значения внешнего квантового выхода в исследуемых образцах  $\eta_e \approx 6-8\%$  и внутренний квантовый выход может достигать 80%. Второе условие предполагает однородное распределение неравновесных носителей по толщине образца. Как указывалось выше, это условие также выполняется.

При сделанных предположениях число актов рекомбинации в секунду на единицу поверхности равно  $2S \cdot \Delta n$  (где  $\Delta n$  – объемная концентрация неравновесных носителей), а полное число неравновесных носителей, которые могут принимать участие в поверхностной рекомбинации –  $d\Delta n$ .

Безызлучательные времена жизни неравновесных носителей, определяемые поверхностной рекомбинацией, можно записать в виде:

$$\tau_s = \frac{d\Delta n}{2S\Delta n} = \frac{d}{2S}.$$

Для получения верхнего предела скорости поверхностной рекомбинации мы предположили отсутствие безызлучательных процессов в объеме материала, тогда общая скорость рекомбинации неравновесных носителей:

$$R = \frac{\Delta nd}{\tau_c},$$

где  $\tau_c$  – экспериментально измеряемое время спада импульса люминесценции.

Общая скорость рекомбинации  $R$  определяется суммой скоростей излучательной и поверхностной рекомбинацией:

$$R = \frac{\Delta nd}{\tau_c} = \frac{\Delta nd}{\tau_{изл}^{эф}} + \frac{\Delta nd}{\tau_s},$$

где  $\tau_{изл}^{эф}$  – эффективное излучательное время, учитывающее процессы переизлучения.

В этом выражении мы предполагали отсутствие безызлучательного канала рекомбинации в объеме образца и невозможность неактивного поглощения люминесценции в образце n-InP. Тогда можно считать:

$$\frac{\tau_c}{\tau_s} = 1 - 2\eta_e,$$

где  $\eta_e$  – значение внешнего квантового выхода с каждой стороны образца.

Подставим в это выражение безызлучательное время жизни неравновесных носителей, определяемое поверхностной рекомбинацией. Определим скорость поверхностной рекомбинации:

$$S = \frac{(1 - 2\eta_e)d}{2\tau_c}.$$

Подставим в это выражение размеры применяемых образцов  $d = 10$  мкм, измеренные значения времен спада интенсивности люминесценции  $\tau_c = 100$  нс и измеренные значения внешнего квантового выхода  $\eta_e = 8\%$ . Получим значение скорости поверхностной рекомбинации  $S = 4,2 \cdot 10^3$  см/с.

Проверим верность сделанных выше предположений о справедливости неравенства:

$$D/L_D > S.$$

Т. е. скорость диффузии неравновесных носителей много больше скорости поверхностной рекомбинации. Подставив в это неравенство коэффициент диффузии  $D = 2-3$  см<sup>2</sup>/с и диффузионную длину  $L_D = 2$  мкм, характерные для неравновесных дырок, и полученные значения величины скорости поверхностной рекомбинации, получим:

$$\frac{D}{L_D} = (1 \div 1,5)10^4 > S = 4,2 \cdot 10^3.$$

Найденная величина скорости поверхностной рекомбинации  $S$  находится в хорошем согласии с данными работ [3]. Это еще раз подтверждает аномально низкую скорость поверхностной рекомбинации в  $n\text{-InP}$  по сравнению с другими соединениями  $A^3B^5$ . Только сочетание таких свойств, как чрезвычайно низкая скорость поверхностной рекомбинации и высокая квантовая эффективность излучательных переходов дает возможность получить в исследуемых образцах  $n\text{-InP}$  при 300 К внешнюю квантовую эффективность излучательной рекомбинации около 10 %, сравнимую с эффективностью излучения активной области двойных гетероструктур.

Следует отметить, что при сопоставлении в одинаковых условиях интенсивности люминесценции образцов, полученных методом Чохральского, жидкостной и газотранспортной эпитаксией, добились, что образцы, полученные методом Чохральского, имели интенсивность люминесценции в 2–3 раза выше, чем образцы, полученные эпитаксиальными методами. При сравнении оказалось, что образцы, полученные металлургическим методом Чохральского, были легированы Sn. Такое отличие, возможно, обусловлено несовершенством кристаллической структуры выращенной эпитаксиальной пленки. Основной причиной этих несовершенств является подложка [4], которая проходит сложные процессы обработки как механические, так и химические. При дальнейшем использовании таких подложек в процессе эпитаксиального роста полупроводниковых пленок возможен процесс прорастания дефектов и дислокаций в структуру выращенной пленки.

Образованные при механической обработке подложки дефекты прорастают в эпитаксиальную пленку, что создает безызлучательные каналы как в объеме пленки, так и на поверхности эпитаксиальных пленок.

Источники этих неконтролируемых дефектов и дислокаций могут быть различны, как, например, наличие примесных атомов и вакансий. Рост дефектов и дислокаций происходит как в процессе непосредственного эпитаксиального выращивания пленки, так и за счет долговременной диффузии этих дефектов.

Для ограничения роста дефектов мы предлагаем выращивать буферный слой  $\text{InP}$ , легированный изоэлектронной примесью мышьяка или олова, обладающей большим тетраэдрическим радиусом, чем замещаемые ею атомы фосфора или индия, что приводит к релаксации роста дефектов и дислокаций из подложки. Действительно, при добавлении изоэлектронной примеси в буферный слой и в саму эпитаксиальную пленку, пленки, полученные таким способом, отличались высокой интенсивностью люминесценции, их внешний квантовый выход приближался к внешнему квантовому выходу образцов, полученных методом Чохральского.

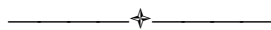
## ЛИТЕРАТУРА

1. Гарбузов Д. З., Агаев В. В., Гореленок А. Т. ФТП, 16, 1538 (1982).
2. Kim T. S., Lester S. D., Streetman B. G. Observation of radiative surface states on  $\text{InP}$ . Appl. Phys. 61 (5). 1 March 1987. P. 2072–2074.



3. Агаев В. В., Созаев В. А., Яблочкина. Г. И. Влияние диэлектрической пленки  $\text{SrF}_2$  на люминесцентные свойства  $\text{n-InP}$  // ЖТФ. 2004.Т. 74. Вып. 11. С. 141–142.

4. Агаев В. В., Яблочкина. Г. И. Оптический перенос фотовозбуждения в  $\text{n-InP}$ , легированном оловом // Труды Северо-Кавказского горно-металлургического института (ГТУ).2008. С. 135–140.



УДК 621.798.4

Канд. техн. наук, доцент КАБЫШЕВ А. М.,  
Студент ШАВЛОХОВ М. В.

### РАЗРАБОТКА КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ УПАКОВОЧНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

*В статье поставлена и решена задача разработки квазиуниверсальной микропроцессорной системы управления упаковочным оборудованием, использующим в качестве упаковочного материала полимерную пленку. Проведен анализ современного состояния проблемы, рассмотрены устройства, входящие в состав оборудования упаковочных станков. Разработаны структурная и принципиальная схемы контроллера упаковочным оборудованием.*

**Ключевые слова:** термоусадочные пленки, упаковка, термосварка, датчики, контроллер, микроконтроллер, система управления, алгоритмы работы, дешифратор.

*Kabyshev A. M., Shavlokhov M.V.*

### DEVELOPMENT OF CONTROLLER FOR PACKING EQUIPMENT

*In the article the problems of developing a near-universal microprocessor control system of packaging machinery, in which a polymer film is used. Current state of the questions were analyzed. Structural and schematic diagram of the microprocessor controller for packaging equipment were designed.*

**Key words:** shrink film packing, sealing, sensors, controller, microcontroller, control system, algorithms, decoder.

Надежное и длительное хранение сырья и товаров промышленного и бытового назначения невозможно без применения современных упаковочных материалов и оборудования, работающего в автоматическом режиме, что обеспечивает высокое качество упаковки. В настоящее время для упаковки широкое применение находят полимерные термоусадочные пленки [1].

В процессе упаковки применяются такие технологические операции как термосварка и термоусадка полимерных упаковочных материалов [2]. К преимуществам упаковки изделий в термоусадочные пленки по сравнению с традиционными упаковками относится уменьшение объема упаковки за счет плотного обтягивания товара и относительно меньшая масса пленок. Такой

вид упаковки часто бывает дешевле и привлекательнее на вид, чем обычный ящик из картона. Этот вид упаковки дает определенные преимущества для торговых предприятий: уменьшение количества упаковочного материала и площади в торговом зале. Упаковывание в термоусадочную пленку защищает изделие (товар) от воздействия окружающей среды, обеспечивает антикоррозионную защиту.

Термоусадочная пленка используется для упаковки практически во всех сферах человеческой деятельности [3, 4]:

- упаковка продукции радиоэлектронной, металлообрабатывающей и легкой промышленности;
- упаковка химических, пищевых, медицинских и парфюмерных товаров;
- упаковка строительных материалов.

Для охвата всего многообразия товаров, требующих упаковки, разрабатывается и производится разнообразное оборудование [4, 5], которое можно разделить на аппараты для ручной упаковки и стационарные станки. «Ручные» термоусадочные аппараты требуют постоянного участия оператора в процессе упаковки. Стационарное оборудование, как правило, работает в автоматическом режиме.

На рис.1 показана обобщенная структурная схема упаковочного оборудования, предназначенного для работы в автоматическом режиме.

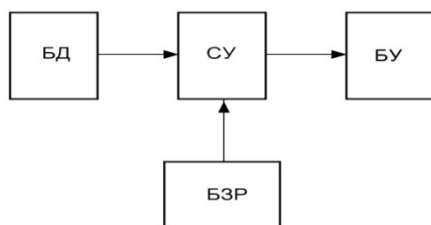


Рис. 1. Структурная схема упаковочного оборудования

На рис. 1 приняты следующие обозначения:

- БД – блок датчиков;
- СУ – система управления (контроллер);
- БУ – блок исполнительных устройств;
- БЗР – блок задания режимов. Стрелками показано направление прохождения информационных сигналов и сигналов управления.

Конструктивное исполнение и состав блоков схемы рис. 1 зависят от конкретного технологического процесса упаковки [5, 6]: от типа полимерной пленки, от вида и размеров упаковываемых изделий (материалов). Так, в состав блока датчиков (БД) могут входить датчики температуры, обеспечивающие контроль температурных режимов, необходимых для проведения технологического процесса упаковки, а также оптические или магнитные датчики, контролирующие положение изделия в процессе упаковки и скорость движения конвейера, доставляющего изделие в рабочую зону установки. Блок исполнительных устройств (БУ) может содержать устройства, регулирующие температурный режим в рабочей зоне установки, обеспечивающие скоростной режим конвейера, управляющие работой механизмов термонамотки и т. д. В состав блока задания режимов (БЗР) входит клавиатура, позволяющая оператору, обслуживающему установку, задавать необходимые режимы работы.

Система управления (СУ) принимает информацию, поступающую от блоков БД и БЗР, и управляет работой блока БУ. От конструктивных особенностей блока СУ зависит степень автоматизации технологического процесса упаковки.

В статье поставлена задача – разработать квазиуниверсальную систему управления (контроллер), позволяющую контролировать большинство технологических процессов, связанных с упаковкой товаров и материалов. Такая система управления позволит управлять устройствами, необходимыми для каждого конкретного технологического процесса упаковки, входящими в состав блоков БД, БУ и БЗР. Использование современной элементной базы позволяет решить поставленную задачу [7].

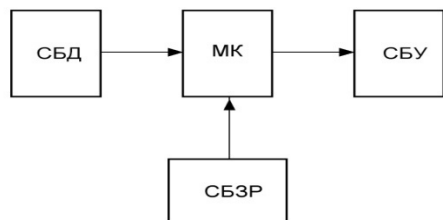


Рис. 2. Структурная схема контроллера

На рис. 2 показана структурная схема разработанного контроллера, предназначенного для управления процессом упаковки.

На рисунке приняты обозначения:

СБД – схема согласования с блоком датчиков;

МК – микроконтроллер;

СБЗР – схема согласования с блоком задания режимов;

СБУ – схема согласования с блоком исполнительных устройств. Схемы согласования (СБД, СБУ, СБЗР), входящие в состав схемы (рис.2), служат для согласования сигналов и алгоритмов, требуемых для работы блоков БД, БУ и БЗР, с сигналами и алгоритмами микроконтроллера (МК). На рис.3 показана принципиальная схема контроллера.

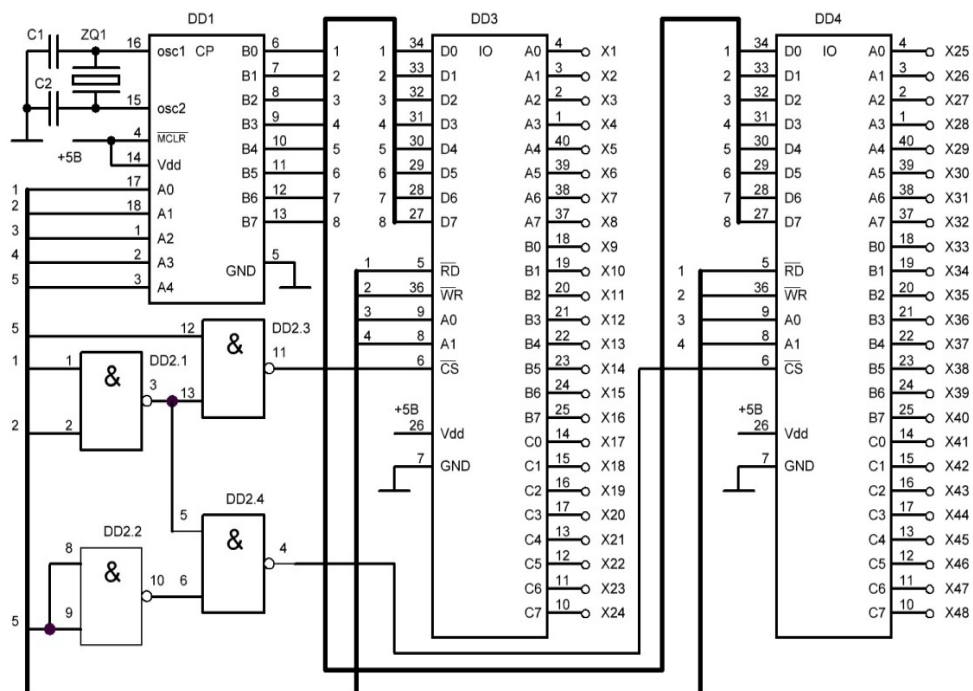


Рис.3. Принципиальная схема контроллера

В состав схемы входят следующие элементы: микроконтроллер DD1 (PIC16F84A); параллельные адаптеры DD3, DD4 (NTE 8255); логические элементы «И - НЕ» DD2 (KP561JA7). Основу схемы составляет большая интегральная схема (БИС) DD1, представляющая собой микроконтроллер серии PIC. БИС DD1 имеет два порта ввода/вывода информации: «порт А» (выводы: А0 – А4) и «порт В» (выводы: В0 – В7). БИС DD3, DD4 служат для согласования микроконтроллера с периферийными устройствами, входящими в состав блоков БД, БЗР и БУ (рис. 2). Применение адаптеров расширяет функциональные возможности микроконтроллера, каждый адаптер содержит три параллельных порта: «порт А» (выводы: А0 – А7); «порт В» (выводы: В0 – В7); «порт С» (выводы: С0 – С7). Порты адаптеров могут быть настроены на ввод или на вывод информации, что позволяет управлять информацией, поступающей от датчиков блока БД, и формировать сигналы управления исполнительными устройствами, входящими в состав блока БУ. Периферийные устройства: датчики, клавиши клавиатуры блока БЗР и исполнительные устройства блока БУ подключаются к выводам портов с помощью контактных площадок Х1 – Х48.

Выводы В0 – В7 микроконтроллера DD1 образуют шину данных, которая служит для передачи информации между портами адаптеров (периферийными устройствами) и микроконтроллером. Выводы А0 – А4 микроконтроллера DD1 служат для передачи сигналов управления и адресов портов адаптеров. Поэтому при разработке алгоритма управления и программного обеспечения контроллера необходимо, для обращения к портам адаптеров DD3, DD4, на выводах микроконтроллера DD1 формировать сигналы в соответствии с таблицей 1. Это обусловлено тем, что для выбора БИС DD3, DD4 используется дешифратор, выполненный на основе логических элементов «И – НЕ» микросхемы DD2. Управление дешифратором осуществляется с помощью сигналов, формируемых на выводах микроконтроллера: А0, А1, А4. Выводы А0 и А1 БИС DD1 также управляют направлением передачи информации (записью и чтением сигналов на выводах портов DD3, DD4). Выводы А2, А3 позволяют выбирать порты адаптеров.

Таблица 1

A4	A3	A2	A1	A0	Выполняемые действия
1	1	1	0	1	Инициализация DD3
1	0	0	0	1	Запись в «порт А» DD3
1	0	0	1	0	Чтение из «порта А» DD3
1	0	1	0	1	Запись в «порт В» DD3
1	0	1	1	0	Чтение из «порта В» DD3
1	1	0	0	1	Запись в «порт С» DD3
1	1	0	1	0	Чтение из «порта С» DD3
0	1	1	0	1	Инициализация DD4
0	0	0	0	1	Запись в «порт А» DD4
0	0	0	1	0	Чтение из «порта А» DD4
0	0	1	0	1	Запись в «порт В» DD4
0	0	1	1	0	Чтение из «порта В» DD4
0	1	0	0	1	Запись в «порт С» DD4
0	1	0	1	0	Чтение из «порта С» DD4

Работоспособность контроллера сохраняется при отсутствии одного из адаптеров, поэтому если в конструкции схемы предусмотреть установку БИС DD3, DD4 на контактные «панели», то можно при необходимости отключить один из адаптеров, естественно, при этом уменьшится количество контролируемых периферийных устройств.

Разработанная схема контроллера обладает аппаратной избыточностью, что позволяет адаптировать схему, разработав соответствующее программное обеспечение для управления существующими и перспективными технологическими процессами упаковки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Шварцман П., Иллиг А.* Термоформование. Практическое руководство. Пер. с англ. (Thermoforming.PracticalGuide). М.: Профессия, 2006. 288 с.
2. <http://ref.unipack.ru>.
3. *Абель-Бари Е. М.* Полимерные пленки. М.: Изд. «Профессия», 2010. 352 с.
4. *Чернов М. Е., Стригулина Е. В., Зорин А. А., Будникова О. А.* Оптимизация параметров термосварки полимерных материалов на автоматах VC-100 для упаковки макаронных изделий // Хлебопродукты. 2015. № 11.
5. [www.tps-katyusha.ru](http://www.tps-katyusha.ru).
6. [www.rs-pak.ru](http://www.rs-pak.ru).
7. *Новожилов О. П.* Основы микропроцессорной техники. М.: Изд. «РадиоСофт», 2012. 431 с.



УДК 622.235.432

*Канд. техн. наук, доцент МАСКОВ Ю. П.,  
канд. техн. наук, доцент МАСКОВ С. П.,  
ст. преподаватель БЕРКО И. А.*

### **ПРИМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕДАЧИ ПО ТОКУ И НАПРЯЖЕНИЮ В ТЕОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЗРЫВНЫХ ЦЕПЕЙ**

*Приведены математические зависимости, определяющие взаимосвязь между коэффициентами передачи по току и напряжению в электровзрывной цепи как цепи с одним источником энергии.*

*Разработан алгоритм применения этих коэффициентов при анализе условий безотказности в случаях инициирования разрядом конденсатора, синусоидальным напряжением, током индуктивного накопителя энергии. Показана универсальность коэффициентов передачи по току и напряжению как параметров электровзрывной цепи.*

**Ключевые слова:** *электрическая взрывная цепь, структура, параметры, коэффициенты передачи по току и напряжению, электродетонаторы, условия безотказности, взрывной прибор, алгоритм.*

Так как в резистивной цепи реакция повторяет воздействие с точностью до постоянного вещественного множителя, то при входном напряжении любой формы (постоянное, синусоидальное, несинусоидальное и т.п.) соотношения между величинами токов в ветвях и, в частности, коэффициенты передачи по току и напряжению не будут зависеть от формы входного напряжения и будут постоянными для любого момента времени. Таким образом, если на вход резистивной электрической цепи подается напряжение произвольной формы  $F_{\text{вх}}(t)$ , то в любой ветви цепи ток будет равен:

$$i = K \cdot F_{\text{вх}}(t),$$

где  $K$  – вещественный множитель.

Коэффициенты передачи применяют, обычно выделяя одну из ветвей, используя отношение напряжения или тока этой ветви к входным напряжению или току [1, 2].

Если часть схемы между входными зажимами и выходной ветвью представить в виде четырехполюсника, то коэффициенты передачи можно определить через сопротивление нагрузки и коэффициенты четырехполюсника [3, 4].

Понятие коэффициента передачи по напряжению или току можно применить к любой «к»-ой ветви цепи, считая ее зажимы выходными. При этом достаточный практический и теоретический интерес представляет связь между такими коэффициентами.

Рассмотрим инициирование постоянным током. В этом случае электровзрывная цепь представляет собой линейную резистивную цепь. Согласно условию энергетического баланса для такой цепи:

$$U_{\text{вх}} I_{\text{вх}} = \sum_{k=1}^n U_k I_k, \quad (1)$$

где  $U_{\text{вх}}$  и  $I_{\text{вх}}$  – напряжение и ток на входе цепи;

$U_k I_k$  – напряжение и ток « $k$ »-ой ветви;

$n$  – число ветвей в цепи.

Разделив обе части равенства (1) на произведение  $U_{\text{вх}} \cdot I_{\text{вх}}$ , получим:

$$1 = \frac{\sum_{k=1}^n U_k I_k}{U_{\text{вх}} I_{\text{вх}}}. \quad (2)$$

Выполнив почленное деление слагаемых правой части (2) на  $U_{\text{вх}}$  и  $I_{\text{вх}}$  и заменив отношения  $U_k/U_{\text{вх}}$  на  $T_{U(k)}$ , и  $I_k/I_{\text{вх}}$  на  $T_{I(k)}$ , получим:

$$\sum_{k=1}^n T_{(U)_k} T_{(I)_k} = 1, \quad (3)$$

где  $T_{U(k)}$  – коэффициент передачи « $k$ »-ой ветви по напряжению;

$T_{I(k)}$  – коэффициент передачи « $k$ »-ой ветви по току.

При задействовании электродетонаторов (ЭД) напряжением промышленной частоты из-за кратковременности процесса инициирования используется только часть синусоиды напряжения, и для расчёта условий безотказности в этом случае при определении импульса тока можно применить интеграл с переменным верхним пределом. При этом уравнение (3) для постоянного тока также можно использовать в расчёте для анализа распределения энергии в электровзрывной цепи (ЭВЦ).

Равенство (3) можно трактовать так же, как формальный способ записи энергетического баланса в цепи (при действии на входе одного источника энергии).

Для ЭВЦ особый интерес представляет собой соотношение между токами и напряжениями разных ветвей при разряде на цепь заряженного конденсатора. Вся цепь в этом случае будет охвачена единым переходным процессом и характеризоваться изменением токов в ветвях по экспоненте  $F(t) = e^{-\frac{t}{RC}}$ . Например, ток в  $k$ -й ветви будет равен:

$$i_k = I_{(0)k} e^{-\frac{t}{RC}},$$

где  $R$  – входное сопротивление ЭВЦ,

$C$  – ёмкость конденсатора.

Токи  $I_{(0)k}$  определяются обычными способами расчёта электрических цепей.

Так как выражения для тока и напряжения в любой ветви будут содержать один и тот же множитель  $e^{-\frac{t}{RC}}$ , то при определении коэффициентов передачи  $T_{(I)k}$  и  $T_{(U)k}$  и составлении энергетического баланса  $u_c \cdot i_{вх} = \sum u_k i_k$  множитель  $e^{-\frac{t}{RC}}$  можно сократить.

Используя приведенную ранее методику, получим формулу (3), коэффициенты передачи по току и напряжению в которой будут справедливы для любого типа воздействия.

Соотношение (3) является очень важным как с точки зрения теории, так и относительно практики электрического взрывания, т.к. позволяет обобщить условия безотказности взрывания ЭД и выполнить наиболее адекватный анализ воздействия сторонних источников энергии на ЭВЦ.

Электровзрывную цепь можно представить лестничной цепью (рис. 1). В соответствии с типами применяемых взрывных приборов рассмотрим следующие воздействия: постоянное, синусоидальное и экспоненциальное: разряд конденсатора на ЭВЦ или подключение к ЭВЦ катушки с током (индуктивный взрывной прибор).

Коэффициенты передачи по току  $T_{(I)k}$  и напряжению  $T_{(U)k}$  представляют собой отношения токов (или напряжений) к их входным значениям при постоянном напряжении или отношения начальных значений ( $t = 0$ ) при экспоненциальном воздействии.

При резистивной ЭВЦ эти отношения являются вещественными числами, а при учете реактивных составляющих ЭВЦ и синусоидальном воздействии – комплексными числами.

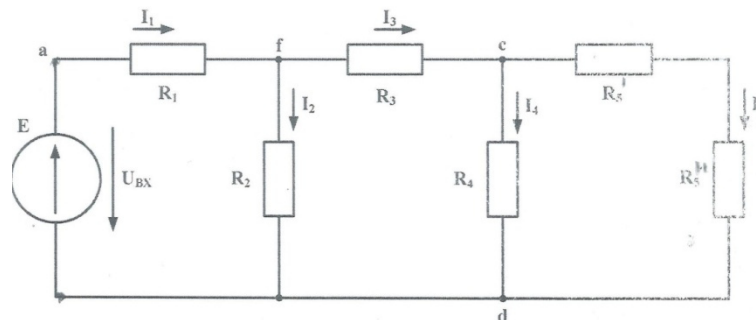


Рис. 1. Лестничная схема ЭВЦ

Коэффициенты передачи по току и напряжению можно определить одним из методов расчета электрических цепей, например методом пропорциональных величин, методом контурных токов.

Используя метод контурных токов, найдем все коэффициенты передачи по току, выразив их через параметры ветвей. Выбираем контурные токи таким образом, чтобы в каждой поперечной ветви (где расположены ЭД), протекал только один контурный ток, и в каждом контуре действовала ЭДС. Это позволит упростить вывод выражений коэффициентов передачи. После соответствующих преобразований получим выражения, не содержащие  $E$ , т.е. не зависящие от величины и характера взрывного прибора, что позволяет получить выражения коэффициентов передачи по току для всех ветвей.

Например, коэффициент передачи по току второй ветви  $T_{(I)2}$ , равный отношению тока во второй ветви к току в первой ветви, определяется выражением:



$$T_{(I)2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{-(R_{21}R_{33}-R_{23}R_{31})+(R_{11}R_{33}-R_{13}R_{31})-(R_{11}R_{23}-R_{13}R_{21})}{(R_{22}R_{33}-R_{23}R_{32})-(R_{12}R_{33}-R_{12}R_{32})+(R_{12}R_{23}-R_{13}R_{22})}. \quad (4)$$

Если параметры ветвей:

$$R_1 = 5 \text{ Ом}; R_2 = 40 \text{ Ом}; R_3 = 2 \text{ Ом}; R_4 = 30 \text{ Ом}; R_5' = 1 \text{ Ом}; R_5'' = 30 \text{ Ом},$$

$R_5 = R_5' + R_5'' = 31 \text{ Ом}$ , то коэффициенты передачи по току и напряжению получаются равными значениям, приведенным в табл.1 (строки 1 и 2).

Результаты применения коэффициентов передачи по напряжению и току приведены в табл. 1 (строки 3 и 10).

Таблица 1

1	$T_{(U)k}$	0,293	0,707	0,082	0,625	0,625
2	$T_{(I)k}$	1,000	0,301	0,699	0,355	0,344
3	$U_{k,B}$	29,325	70,675	8,197	62,479	62,479
4	$I_{k,A}$	5,865	1,768	4,097	2,082	2,015
5	$U_{m_k,B}$	91,237	219,890	25,502	194,388	194,388
6	$I_{m_k,A}$	18,247	5,499	12,748	6,478	6,271
7	$U_{(o)k,B}$	58,649	141,351	16,394	124,957	124,957
8	$I_{(o)k,A}$	11,730	3,535	8,195	4,164	4,031
9	$U_{(o)k,B}$	50,000	120,505	13,976	106,529	106,529
10	$I_{(o)k,A}$	10,000	3,014	6,986	3,550	3,436

При действии на входе электровзрывной цепи постоянного напряжения 100 В напряжения и токи в ветвях, рассчитанные по найденным коэффициентам передачи  $T_{(U)k}$  и  $T_{(I)k}$ , представлены в 3и 4 строках табл. 1.

Если на входе действует синусоидальное напряжение  $U_m \sin(\omega t + \psi)$ , имеющее  $U = 220 \text{ В}$ ,  $U_m = 311,127 \text{ В}$ , то амплитудные значения напряжений и токов в ветвях также определяются по найденным коэффициентам передачи и при  $U_m = 311,127 \text{ В}$ , их значения представлены в 5 и 6 строках табл.1.

Экспоненциальное напряжение 200 В (т. е. при разряде ёмкости на ЭВЦ), начальные значения (при  $t = 0$ ) токов и напряжений в ветвях также представлены в табл. 1, (7 и 8 строки). Эти значения также определены по соответствующим коэффициентам передачи.

При подключении к ЭВЦ катушки с током  $I_{(o)} = 10 \text{ А}$ , начальные значения (при  $t = 0$ ) токов и напряжений приведены в табл. 1(строки 9 и 10).

При определении мгновенных значений токов и напряжений в ветвях найденные амплитуды и нулевые значения умножаются на множитель, соответствующий типу воздействия, например при разряде конденсатора:

$i_{c_k} = I_{(o)k} e^{-\frac{t}{RC}}$ , а при синусоидальном:  $u_3 = U_{m3} \sin(\omega t + \psi)$ . Эта методика справедлива для любой схемы.

Коэффициенты по току и напряжению позволяют представить условия безотказности в наиболее общем виде, которые можно применять к электровзрывным цепям любой сложности.

Например, для конденсаторных взрывных приборов условия безотказного срабатывания всех ЭД в ЭВЦ любой структуры и можно записать в виде [5]:

$$\theta = \frac{R_{вх}C}{2} \ln \frac{\beta^2(\alpha_1 U^2 C - 2K_{\min} R_{вх})}{\alpha_1^2(\beta^2 U^2 C - 2K_{\max} R_{вх})}, \quad (5)$$

где  $\theta$  – время передачи ЭД<sub>1</sub>;

$$\alpha = \frac{i_1}{i_0},$$

$\beta = i_2/i_0$  – коэффициенты передачи по току;

$i_0$  – ток на входе,

$i_1$  – ток через ЭД<sub>1</sub>, находящийся в начале ЭВЦ;

$i_2$  – ток через ЭД<sub>2</sub>, наиболее удаленный от прибора взрывания;

$R_{вх}$  – входное сопротивление ЭВЦ;

$U$  – начальное напряжение конденсатора;

$C$  – ёмкость конденсатора.

Как видно из формулы (5), условия безотказности определяются не только параметрами взрывного прибора и ЭД, но и в большей степени коэффициентами передачи по токам  $\alpha$  и  $\beta$ , которые входят в выражения (5) в квадрате и перемножаются между собой. На рис.2 приведен алгоритм применения коэффициентов передачи по току и напряжению для расчёта условий безотказности.

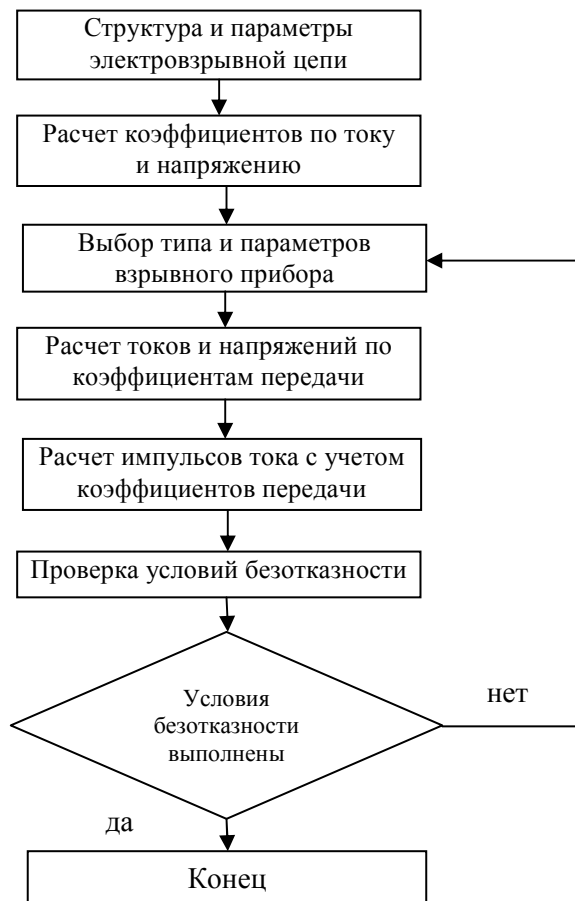


Рис. 1. Алгоритм применения коэффициентов передачи по току, напряжению для расчёта условий безотказности

Найденные коэффициенты по току  $T_{(I)к}$  позволяют проанализировать также условия безотказности для любой пары ЭД, расположенных в любых ветвях электровзрывной цепи, включая ЭД, обтекаемые максимальным и минимальным токами. Кроме того, применение коэффициентов передачи по напряжению и току позволяют проанализировать распределение мощности в ЭВЦ и сделать вероятностные прогнозы возникновения отказов в отдельных ветвях цепи. Полученные результаты позволяют выполнить многоцелевой анализ электрических процессов в ЭВЦ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: Учебное пособие. 7-е издание, стереотип. СПб., М., Краснодар: Лань. 2009. 591 с.
2. Бычков Ю. А. Основы теории электрических цепей: Учебник для вузов. СПб. М. Краснодар: Лань. 2007. 464 с.
3. Бесонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. М.: Гардарики, 2006. 702 с.
4. Прянишников В. А. Теоретические основы электротехники: Курс лекций: [Учебное пособие для вузов]. 4-е изд. СПб.: Корона-принт, 2006. 346 с.
5. Петров Ю. С. Основы теории электровзрывания. Монография. 1998. Владикавказ: СКГМИ (ГТУ). 168 с.
6. Петров Ю. С. Безопасность систем электровзрывания в горной промышленности // Безопасность в техносфере. 2012. № 5. М.: Научно-издательский центр ИНФА.
7. Граевский М. М. Справочник по электрическому взрыванию. М.: Рандеву-АМ. 2004.



УДК 621.3

*Д-р техн. наук, профессор ПЕТРОВ Ю. С.,  
канд. техн. наук, профессор РОГАЧЕВ Л. В.,  
канд. техн. наук, доцент СОИН А. М.*

## ЗАВИСИМОСТЬ СОПРОТИВЛЕНИЙ РЕАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ОТ ВРЕМЕНИ

*Выведены и проанализированы зависимости индуктивных и емкостных сопротивлений от времени для различных типов воздействий: постоянного напряжения, экспоненциального, синусоидального, синусоидального с изменяющейся по экспоненте амплитудой.*

**Ключевые слова:** *индуктивность, емкость, реактивное сопротивление, зависимость от времени, постоянное, экспоненциальное, синусоидальное напряжение.*

## THE DEPENDENCE OF THE RESISTANCES OF THE REACTIVE ELEMENTS OF THE ELECTRIC CIRCUIT FROM TIME TOTIME

*Withdrawn and analyzed according to inductive and capacitive resistances for different types of impacts: constant-voltage, exponential, sinusoidal, sinusoidal with exponentially changing amplitude.*

**Keywords:** inductance, capacitance, reactance, time dependence, constant, exponential, sinusoidal voltage.

Основными пассивными элементами электрической цепи являются: резистор, индуктивность и ёмкость. Связь между током  $i$  и напряжением  $u$  на резистивном элементе выражается зависимостью:

$$u_R = R \cdot i_R \text{ (закон Ома),}$$

на индуктивном:

$$u_L = L \frac{di_L}{dt},$$

и на ёмкостном:

$$u_C = \frac{1}{C} \int_0^t i_C \cdot dt.$$

Явные связи между током и напряжением на индуктивности и ёмкости обычно не рассматриваются [1, 2, 3], хотя они и представляют достаточный интерес при анализе электрических/энергетических процессов в этих элементах. В качестве сопротивления элементов электрической цепи будем считать отношение напряжения на элементе к току, проходящему через него.

Рассмотрим следующие типы воздействия: постоянный ток  $i(t) = I$ , экспоненциальный  $i(t) = I_0 \cdot e^{\sigma \cdot t}$ , синусоидальный  $i(t) = I_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi)$  и синусоидальный, затухающий по экспоненте  $i = I_m \cdot e^{\sigma \cdot t} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi)$ .

В случае постоянного тока индуктивный элемент, как известно, можно заменить короткозамкнутым участком, а ёмкость – разрывом цепи, т.е. можно считать, что сопротивление индуктивности постоянному току равно нулю, а ёмкости – стремится к бесконечности.

В случае экспоненциального закона изменения тока напряжения на индуктивности и ёмкости тоже будут экспоненциальными:

$$u_L = L \frac{d}{dt} \cdot I_0 \cdot e^{\sigma \cdot t} = I_0 \cdot L \cdot \sigma \cdot e^{\sigma \cdot t}, \quad (1)$$

$$u_C = \frac{1}{C} \int I_0 \cdot e^{\sigma \cdot t} dt = \frac{1}{\sigma \cdot C} \cdot I_0 \cdot e^{\sigma \cdot t}. \quad (2)$$

Непосредственно из (1) и (2) найдем:

$$x_L = \frac{u_L}{i_L} = \sigma \cdot L, \quad (3)$$

$$x_C = \frac{u_C}{i_C} = \frac{1}{\sigma \cdot C}. \quad (4)$$

Можно считать, что выражения (3) и (4) являются индуктивным и емкостным сопротивлениями соответственно при протекании через индуктивность и емкость экспоненциального тока. Причем, при затухающей экспоненте – сопротивление отрицательно, при возрастающей – положительно. При  $\sigma < 0$  мощность отрицательна и энергия передается от индуктивности или емкости во внешнюю цепь. При  $\sigma > 0$  энергия запасается в индуктивности или емкости.

Если рассматривать последовательное соединение  $L$  и  $C$ , то общее сопротивление  $x_{nc}$  будет равно:

$$x_{nc} = \sigma \cdot L + \frac{1}{\sigma \cdot C} \quad (5)$$

и будет представлять собой положительное или отрицательное число в зависимости от знака  $\sigma$ . При параллельном соединении будут складываться проводимости:

$$y = \frac{1}{\sigma \cdot L} + \sigma \cdot C. \quad (6)$$

Наиболее интересным является случай протекания через  $L$  и  $C$ -элементы синусоидального тока  $i = I_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi)$ . Напряжения на  $L$  и  $C$ -элементах в этом случае будут:

$$u_L = I_m \cdot \omega \cdot L \cdot \cos(\omega \cdot t + \psi), \quad (7)$$

$$u_C = -\frac{I_m}{\omega \cdot C} \cdot \cos(\omega \cdot t + \psi). \quad (8)$$

Поделив (7) и (8) на синусоидальный ток  $i$ , получим:

$$x_L(t) = \frac{u_L}{i} = \omega \cdot L \cdot \operatorname{ctg}(\omega \cdot t + \psi), \quad (9)$$

$$x_C(t) = \frac{u_C}{i} = -\frac{1}{\omega \cdot C} \cdot \text{ctg}(\omega \cdot t + \psi). \quad (10)$$

Если разделить синусоидальный ток на напряжения (7) и (8), то получим индуктивную и емкостную проводимости, которые будут изменяться по закону тангенса. Умножив синусоидальный ток на напряжение (7), получим мгновенную мощность индуктивного элемента:

$$s = u_L \cdot i = U_{Lm} \cdot I_m \cdot \sin 2\omega t.$$

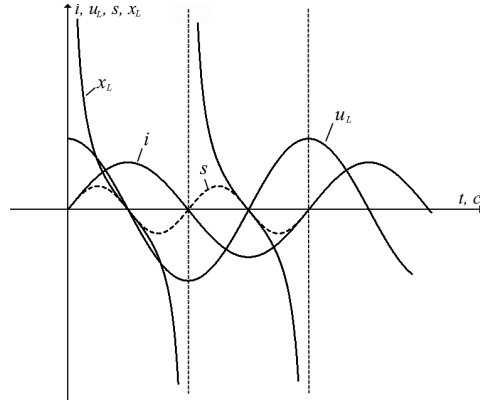


Рис. 1. Зависимость  $i$ ,  $u_L$ ,  $s$  и  $x_L$  от времени  $t$

На рис. 1 показаны графики изменения во времени тока, напряжения, мощности и индуктивного сопротивления за полный период изменения тока при нулевой начальной фазе (для простоты было принято  $\psi = 0$ ). Как видно из рис. 1, индуктивное сопротивление изменяется от  $+\infty$  до  $-\infty$  и проходит через ноль при  $\omega \cdot t = \frac{\pi}{2}$ . Далее происходит скачок от  $-\infty$  до  $+\infty$  в соответствии с законом изменения котангенса.

При положительном значении  $x_L$  мощность также положительна, и энергия направлена от индуктивности во внешнюю цепь. При отрицательном значении сопротивления  $x_L$  мощность направлена из внешней цепи к индуктивному элементу, в котором происходит накопление энергии до скачкообразного изменения сопротивления от  $-\infty$  до  $+\infty$ , после которого энергия снова начинает возвращаться во внешнюю цепь.

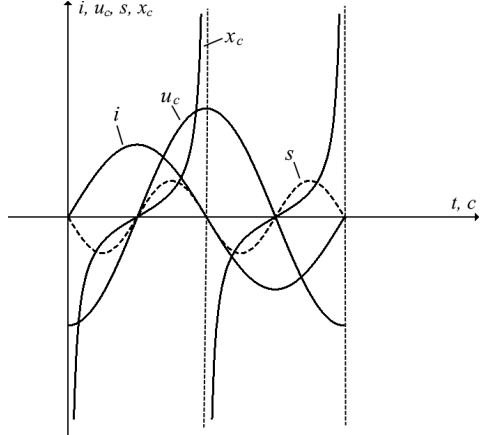


Рис. 2. Зависимость  $i$ ,  $u_C$ ,  $s$  и  $x_C$  от времени  $t$

На рис. 2 показан график изменения во времени тока, напряжения, мощности и емкостного сопротивления. Процессы накопления энергии (заряда конденсатора) и её возврата во внешнюю цепь находятся в противофазе с аналогичными процессами на индуктивности. Емкостное сопротивление, как и индуктивное сопротивление, изменяется по закону котангенса, но с противоположным знаком.

При последовательном соединении  $L$  и  $C$ -элементов общее сопротивление  $x(t)$  будет равно:

$$x(t) = \left( \omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C} \right) \cdot \operatorname{ctg}(\omega \cdot t + \psi). \quad (11)$$

При параллельном соединении  $L$  и  $C$ -элементов общая проводимость будет равна:

$$y(t) = \left( \frac{1}{\omega \cdot L} - \omega \cdot C \right) \cdot \operatorname{tg}(\omega \cdot t + \psi). \quad (12)$$

Из анализа изменения сопротивления реактивных элементов во времени видно, что индуктивное и емкостное сопротивления, равные соответственно  $\omega L$  и  $\frac{1}{\omega \cdot C}$ , являются сопротивлениями, соответствующими значению угла

$$\alpha = (\omega \cdot t + \psi) = \frac{\pi}{4}, \text{ при котором, как известно, } \operatorname{tg}(\alpha) = \operatorname{ctg}(\alpha) = 1.$$

Достаточно интересным будет анализ изменения реактивного сопротивления во времени при сложной форме протекающего тока:

$$i = I_m \cdot e^{\sigma t} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi). \quad (13)$$

Рассмотрим изменение индуктивного сопротивления в этом случае. Пусть синусоидальный ток, амплитуда которого изменяется по экспоненте (13), протекает в индуктивном элементе  $L$ . Тогда напряжение на этом элементе:

$$\begin{aligned} u_L &= L \frac{d}{dt} [I_m \cdot e^{\sigma t} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi)] = \\ &= L \cdot I_m [\sigma \cdot e^{\sigma t} \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi) + \omega \cdot e^{\sigma t} \cdot \cos(\omega \cdot t + \psi)]. \end{aligned} \quad (14)$$

Если теперь взять отношение  $\frac{u_L}{i}$ , то получим:

$$x_L(t) = \sigma \cdot L + L \cdot \omega \cdot \operatorname{ctg}(\omega \cdot t + \psi). \quad (15)$$

В соответствии с формулой (15) индуктивное сопротивление в этом случае будет содержать постоянную составляющую  $\sigma \cdot L$  и переменную составляющую, изменяющиеся по закону котангенса (11). Это вполне согласуется с физическим обеспечением предполагаемой реакции индуктивного элемента  $L$  на действие тока сложной формы (13), которая должна содержать как составляющую, вызванную экспоненциальным изменением амплитуды тока, так и составляющую, вызванную изменением амплитуды тока по синусоидальному закону.

Определим в общем виде напряжение, подводимое к индуктивному элементу, при условии, что ток, проходящий через него, изменяется в соответ-

вии с (13). Для упрощения математических выкладок примем  $\psi = 0$ . Напряжение будем искать в виде:

$$u_L = U_m \cdot e^{\delta \cdot t} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi), \quad (16)$$

то есть в виде, отличном от найденного напряжения (14). В соответствии с (16) параметрами, подлежащими определению, являются  $U_m$ ,  $\delta$ ,  $\varphi$ . Запишем равенство:

$$U_m \cdot e^{\delta \cdot t} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi) = I_m \cdot e^{\sigma \cdot t} \cdot L \cdot (\sigma \cdot \sin \omega \cdot t + \omega \cdot \cos \omega \cdot t). \quad (17)$$

Анализируя (17), можно прийти к выводу, что  $\delta = \sigma$ , так как равенство (17) может выполняться только при этом условии. Сокращая левую и правую части на множитель  $e^{\sigma \cdot t}$  и раскладывая  $\sin(\omega \cdot t + \varphi)$  на составляющие, после упрощений получим:

$$\begin{aligned} U_m \cdot [\sin(\omega \cdot t) \cdot \cos \varphi + \cos(\omega \cdot t) \cdot \sin \varphi] = \\ = I_m \cdot L \cdot [\sigma \cdot \sin(\omega \cdot t) + \omega \cdot \cos(\omega \cdot t)]. \end{aligned} \quad (18)$$

Поделив обе части равенства (18) на  $\sin(\omega \cdot t)$ , получим:

$$U_m \cdot (\cos \varphi + \operatorname{ctg}(\omega \cdot t) \cdot \sin \varphi) = I_m \cdot L \cdot (\sigma + \omega \cdot \operatorname{ctg}(\omega \cdot t)). \quad (19)$$

Запишем (19) для двух случаев:  $\omega \cdot t = \frac{\pi}{2}$  и  $\omega \cdot t = \frac{\pi}{4}$ .

При  $\omega \cdot t = \frac{\pi}{2}$  найдем, что  $U_m \cdot \cos \varphi = I_m \cdot \sigma \cdot L$ , откуда:

$$U_m = \frac{I_m \cdot \sigma \cdot L}{\cos \varphi}. \quad (20)$$

При  $\omega \cdot t = \frac{\pi}{4}$ :

$$U_m \cdot (\cos \varphi + \sin \varphi) = I_m \cdot L \cdot (\sigma + \omega) = I_m \cdot (\sigma \cdot L + \omega \cdot L). \quad (21)$$

В последнем выражении  $\sigma \cdot L$  относится к экспоненциальному закону изменения напряжения на индуктивности, а  $\omega \cdot L$  – к синусоидальному. Подставив (20) в (21), получим:

$$I_m \cdot \sigma \cdot L \cdot (1 + \operatorname{tg} \varphi) = I_m \cdot (\sigma \cdot L + \omega \cdot L), \text{ откуда}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega \cdot L}{\sigma \cdot L} = \frac{\omega}{\sigma} \quad (22)$$



Если  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{\omega}{\sigma}$ , то можно записать, что  $\cos \varphi = \frac{\sigma}{\sqrt{\sigma^2 + \omega^2}}$ . Подставляя выражение для  $\cos \varphi$  в (20), получим:

$$U_m = I_m \cdot L \cdot \sqrt{\sigma^2 + \omega^2} \quad (23)$$

и 
$$u_L = I_m \cdot L \cdot e^{\sigma t} \cdot \sqrt{\sigma^2 + \omega^2} \cdot \sin(\omega \cdot t + \operatorname{arctg} \frac{\omega}{\sigma}). \quad (24)$$

При  $t = 0$  в соответствии с выражениями (17) и (24):

$$u_L(0) = I_m \cdot \omega \cdot L. \quad (25)$$

Полная мгновенная мощность на индуктивном элементе равна:

$$\begin{aligned} s(t) &= i(t) \cdot u_L(t) = \\ &= I_m \cdot e^{\sigma t} \cdot \sin \omega t \cdot I_m \cdot L \sqrt{\sigma^2 + \omega^2} \cdot e^{\sigma t} \cdot \sin(\omega t + \operatorname{arctg} \frac{\omega}{\sigma}). \end{aligned}$$

На рис. 3 приведены графики изменения тока  $i(t)$ , напряжения  $u(t)$ , сопротивления  $z(t) = \frac{u(t)}{i(t)}$  и мощности  $s(t) = u_L(t) \cdot i(t)$  для конкретных значений переменных:  $I_m = 10$  А,  $L = 0,2$  Гн,  $\sigma = -4 \frac{1}{c}$ ,  $\omega = 100 \frac{\text{рад}}{c}$ . В соответствии с (23)  $U_m = 200$  В, тогда  $u_L = 200 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$ , где  $\varphi = \operatorname{arctg}(-\frac{100}{4})$ .

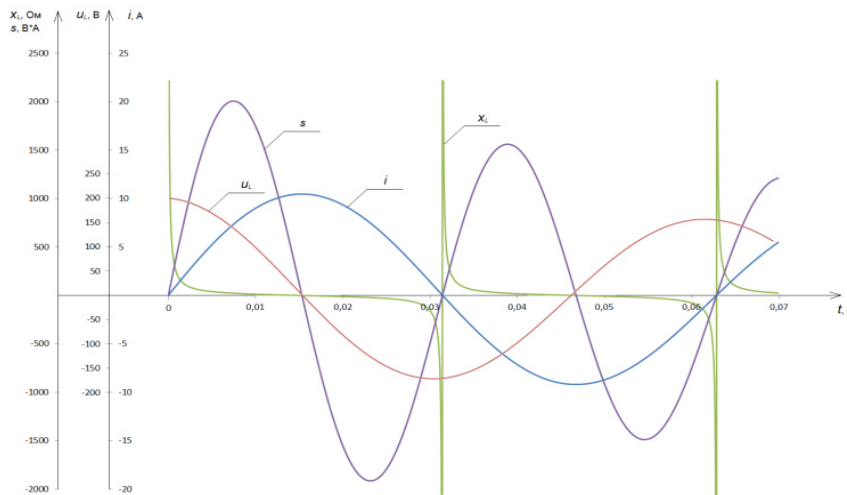


Рис. 3. Зависимость  $i$ ,  $u_L$ ,  $x$  и  $s$  от времени при экспоненциальном изменении амплитуды тока

Рассмотрение изменения во времени сопротивлений элементарных цепей, состоящих из разнородных элементов (например, резистора и индуктивности), приводит к усложнению фазовых соотношений и, соответственно, к усложнению математических моделей сопротивлений как функций времени.

Учет зависимости сопротивлений реактивных элементов электрической цепи от времени позволит проводить более полный анализ цепи во временной области, в частности, в переходном процессе [4], расширить возможности обобщающего метода расчета электрических цепей [5,6], получить дополнительные данные для исследования энергетических процессов в электрических цепях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Атабеков Г. И.* Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: учебное пособие. 7-е изд. стер. Санкт-Петербург, Москва: Лань. 2009. 591с.
2. *Нейман Л. Р., Демирчян К. С.* Теоретические основы электротехники. Учебник для вузов. Том 1. 3-е издание. Л.: Энергоиздат. 1981. 536с.
3. Теоретические основы электротехники: Учеб. для вузов. Под общ. редакцией *К. М. Поливанова*. Т. 1. М.: Энергия. 1972. 240 с.
4. *Пагиев К. Х., Петров Ю. С.*, Расчет переходных процессов в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами. Владикавказ, 2006. 166с.
5. *Толстов Ю. Г., Теврюков А. А.* Теория электрических цепей. М.: Высшая школа, 1971. 296 с.
6. *Матханов П. Н.* Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи: Учебник для электротехнических специальностей вузов. М.: Высш. школа, 1990. 400 с.



УДК 621.3

*Д-р техн. наук, профессор ПЕТРОВ Ю. С.  
канд. техн. наук, профессор РОГАЧЕВ Л. В.,  
канд. техн. наук, доцент СОИН А. М.*

## МЕТОДИКА ОБОБЩЕННОГО МАТРИЧНОГО АНАЛИЗА РЕЗИСТИВНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

*В статье предложена методика обобщенного матричного анализа линейных резистивных электрических цепей на основе использования комбинированной матрицы, состоящей из матрицы токов узлов и матрицы контурных сопротивлений. Показана возможность применения обратной комбинированной матрицы для расчета цепи от действия в ней источников тока и ЭДС различной формы и частоты. Применение методики показано на конкретном примере.*

**Ключевые слова:** резистивные электрические цепи, методика обобщённого анализа, комбинированная матрица, источники токов и напряжений, обратная матрица, расчет токов.

Petrov Y. S., Rogachev L. V., Soin A. M.

## SIMPLIFIED METHOD OF MATRIX ANALYSIS OF RESISTIVE CIRCUITS

*The article suggests the technique of generalized matrix analysis of linear resistive electrical circuits, based on a combined matrix consisting of a matrix of the currents of the nodes and the contour matrix of resistances. The possibility of using the inverse of the combined matrix to calculate the chain from the action in her current sources of EMF and various forms and frequencies. The application of this method was demonstrated on a concrete example.*

**Key words:** resistive circuits, the method of the generalized analysis, the combined matrix, the sources of currents and voltages, the inverse matrix, the current calculation calculation of currents.

Анализ резистивных электрических цепей, т.е. цепей, состоящих только из резистивных элементов и источников энергии, обладает рядом особенностей, которые недостаточно освещены в литературе [1, 2, 3], несмотря на растущую потребность в повышении эффективности вычислительных операций в цепях такого типа (например, при расчёте электровзрывных цепей) [4, 5, 6].

Резистивный элемент, который в дальнейшем будет называться просто сопротивлением, представляет собой диссипативный элемент электрической цепи, в котором происходит необратимое преобразование электрической энергии в тепловую.

Далее будут рассмотрены только линейные резистивные цепи. Мгновенные значения тока  $i$  и напряжения  $u$  связаны линейной зависимостью:

$$u=R \cdot i,$$

где  $R$  – коэффициент пропорциональности, называемый сопротивлением.

Таким образом, в линейной резистивной цепи реакция повторяет воздействие с точностью до вещественного множителя. Это обстоятельство позволяет максимально формализовать расчеты резистивных электрических цепей с привлечением различных методов компьютерной техники. Одним из наиболее эффективных в этом отношении методов является применение матричных уравнений состояния электрической цепи.

В общем случае законы Кирхгофа для расчета резистивных электрических цепей могут быть записаны в матричной форме:

$$[N] \cdot [i] = [F]. \quad (1)$$

$$\text{или} \quad \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & \cdot & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & \cdot & a_{2m} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & \cdot & a_{nm} \\ b_{n+1,1} & b_{n+1,2} & \cdot & \cdot & b_{n+1,m} \\ b_{n+2,1} & b_{n+2,2} & \cdot & \cdot & b_{n+2,m} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ b_{n+q,1} & b_{n+q,2} & \cdot & \cdot & b_{n+q,m} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ \cdot \\ i_n \\ i_{n+1} \\ i_{n+2} \\ \cdot \\ i_{n+q} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_1(t) \\ F_2(t) \\ \cdot \\ F_n(t) \\ F_{n+1}(t) \\ F_{n+2}(t) \\ \cdot \\ F_{n+q}(t) \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где  $n$  – уменьшенное на единицу число ветвей;

$q$  – число независимых контуров;

$(n+q) = m$  – число ветвей (токов).

Матрица  $[N]$  представляет собой комбинированную матрицу, состоящую из матрицы ветвей узлов с элементами  $a_{nq}$ , равными  $(\pm 1, 0)$  – в зависимости от принадлежности к соответствующему узлу и направления тока, и контурной матрицы с элементами  $b_{n+k,p}$ . Элементы контурной матрицы определяются по принадлежности ветви к контуру, относящемуся к соответствующей строке матрицы  $[N]$ , и представляют собой сопротивление ветвей, входящих в соответствующий контур (входят со знаком «+» при согласном направлении тока и обхода контура и со знаком «-» при встречном).

Матрица  $[i]$  представляет собой матрицу-столбец мгновенных значений токов ветвей; матрица  $[F]$  является матрицей воздействий (источников тока – в узлах и источников ЭДС – в контурах).

Для определения токов ветвей следует решить матричное уравнение (1), для чего необходимо умножить слева обе его части на обратную матрицу  $[N]^{-1}$ :

$$[N]^{-1} \cdot [N] \cdot [i] = [N]^{-1} \cdot [F]. \quad (3)$$

После умножения получим:

$$[i] = [N]^{-1} \cdot [F] \quad (4)$$

В общем случае обратная матрица имеет вид:

$$[N]^{-1} = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdot & \cdot & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & \cdot & \cdot & d_{2m} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ d_{m1} & d_{m2} & \cdot & \cdot & d_{mm} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Токи в ветвях определяются из выражения:

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ \cdot \\ i_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdot & \cdot & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & \cdot & \cdot & d_{2m} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ d_{m1} & d_{m2} & \cdot & \cdot & d_{mm} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} F_1(t) \\ F_2(t) \\ \cdot \\ F_m(t) \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} d_{11}F_1(t) + d_{12}F_2(t) + \cdot + d_{1m}F_m(t) \\ d_{21}F_1(t) + d_{22}F_2(t) + \cdot + d_{2m}F_m(t) \\ \cdot \\ d_{m1}F_1(t) + d_{m2}F_2(t) + \cdot + d_{mm}F_m(t) \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Функции  $F_1(t), F_2(t), \dots, F_n(t)$  представляют собой алгебраические суммы токов источников токов в соответствующих узлах;  $n$  – умноженное на единицу число узлов в схеме, причем ток  $J_s(t)$  может быть представлен любой функцией времени.

Функции  $F_{n+1}(t), F_{n+2}(t), \dots, F_m(t)$  представляют собой алгебраические суммы ЭДС, входящие в  $(n+k)$  независимый контур, соответствующий  $(n+k)$ -ой строке матрицы  $[F]$ .

Ток в  $k$ -й ветви:

$$i_k(t) = d_{k1}F_1(t) + d_{k2}F_2(t) + \dots + d_{km}F_m(t). \quad (7)$$

Следует отметить, что числовые коэффициенты  $d_{k1}, d_{k2}, \dots, d_{km}$  (элементы обратной матрицы  $[N]^{-1}$ ) вычисляются по элементам комбинированной матрицы  $[N]$ , причем вычислительный процесс не затрагивает остальные матрицы, входящие в уравнение (1). Матрицы  $[i]$  и  $[F]$  участвуют только в последней операции по определению токов ветвей в выражении (6). Причем эту операцию, в силу ее простоты, можно выполнить как на компьютере, так и вручную.

Выражение (7) является очень удобным для анализа, в частности потому, что с его помощью довольно просто оценить степень влияния того или иного источника энергии в схеме.

В общий анализ конкретной резистивной цепи можно включить определение  $i, u, p$  при различных комбинациях и параметрах источников энергии: источников тока и напряжения, постоянных во времени, синусоидальной формы различной частоты, изменяющихся по экспоненциальному закону или имеющих любую сложную форму, заданную аналитически.

Вычисления можно выполнить по алгоритму, приведённому на рис. 1.

При этом можно изменять как элементы матрицы – источники энергии, так и параметры (сопротивления ветвей, не изменяя общего алгоритма вычислений).

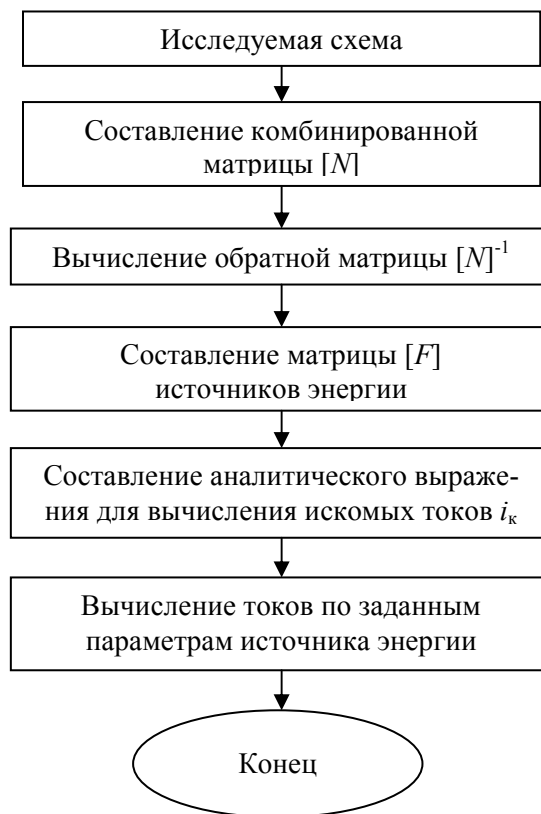


Рис.1. Алгоритм определения токов при анализе резистивных цепей

В качестве примера рассмотрим расчет токов при сложных воздействиях в электрической цепи, расчетная схема которой представлена на рис. 2.

Исходные данные для расчета:

$$R_1 = 20 \text{ Ом}; R_3 = 10 \text{ Ом}; R_4 = 15 \text{ Ом}; R_5 = 5 \text{ Ом}; J_6 = 5 \text{ А}; e_1 = E_m \sin(\omega t + \psi_1);$$

$$e_2 = E_0 e^{\alpha t}; e_4 = E_m e^{\alpha t} \sin(3\omega t + \psi_3).$$

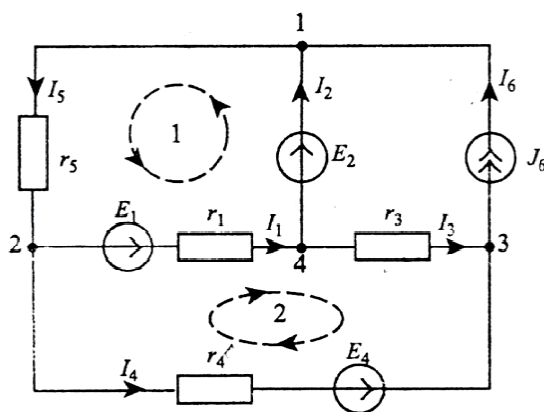


Рис. 2. Расчётная схема электрической цепи

В схеме 4 узла, 6 ветвей, 3 независимых контура и 4 источника энергии, имеющие разные законы изменения во времени, заданные аналитически.

Матрицы  $[N]$ ,  $[i]$  и  $[F]$  имеют вид:

$$[N] = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ R_1 & 0 & 0 & 0 & R_5 \\ R_1 & 0 & R_3 & -R_4 & 0 \end{bmatrix}; \quad [i] = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \end{bmatrix}; \quad [F] = \begin{bmatrix} J_6 \\ 0 \\ J_6 \\ e_1 + e_2 \\ e_1 - e_4 \end{bmatrix}.$$

После подставки значений параметров в матрицу  $[N]$  найдём обратную матрицу  $[N]^{-1}$ :

$$[N]^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & 0,172 & -0,069 & 0,034 & 0,007 \\ -1 & -0,69 & 0,276 & 0,062 & -0,028 \\ 0 & -0,138 & 0,655 & -0,028 & 0,034 \\ 0 & 0,138 & 2,759 & 0,028 & -0,034 \\ 0 & -0,69 & 0,276 & 0,062 & -0,028 \end{bmatrix}.$$

После решения матричного уравнения (4) находят мгновенные токи в ветвях. Например, значение тока во второй ветви,  $A$ :

$$i_2 = -3,62 + 0,034E_m \sin(\omega t + \psi_1) + 0,062E_0 e^{\alpha t} + 0,028E_m e^{\alpha t} \sin(3\omega t + \psi_3).$$

Описанная методика обобщенного матричного анализа резистивных электрических цепей позволяет по предложенному алгоритму эффективно исследовать цепь заданной топологии как при изменении параметров ее элементов (сопротивлений ветвей), так и количества и параметров источников энергии любого типа, заданных аналитически. Основной вычислительной операцией при этом является обращение комбинированной матрицы, что легко реализуется на ЭВМ. Метод является достаточно универсальным, позволяющим проводить всесторонний анализ линейных резистивных цепей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Атабеков Г. Н. Теоретические основы электротехники. Основы теории цепей. Учебник. 3-е изд., стер. СПб: Издательство «Лань». 2009. 432 с. ил.
2. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. 12-е изд., исправ. и доп. М.: Юрайт. 2016. 704 с.
3. Башарин С. А. Теоретические основы электротехники. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский центр «Академия». 2013. 384 с.

4. *Петров Ю. С., Масков Ю. П.* Расчёт сложных электровзрывных цепей // Сборник статей аспирантов. Северо-Кавказский горно-металлургический институт. Владикавказ, 2001. 5с.

5. *Петров Ю. С.* Применение уравнений в конечных разностях для расчёта лестничных электровзрывных цепей // Труды Северо-Кавказского горно-металлургического института. Вып. 11. 2004. 85 с.

6. *Петров Ю. С.* Основы электровзрывания: Монография. Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет). Владикавказ: СКГМИ (ГТУ), 1998. 168 с.





УДК 658.5

*Д-р экон. наук, профессор ГАЛАЧИЕВА С. В.,  
асп. ХАЧЕТЛОВА Е. Р.,  
асп. ДЕДЕГКАЕВА Н. Т.  
асп. КАМБОЛОВА М. Д.*

**ВЫЯВЛЕНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ РЕЗЕРВОВ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ  
ПРЕДПРИЯТИЕМ**

Существует большое количество факторов, которые влияют на эффективность системы управления, и довольно сложно выбрать какой-то определенный критерий ее оценки. При всем многообразии существующих в литературе методик, по нашему мнению, они не позволяют полностью оценить эффективность системы управления предприятием в условиях переходного периода и кризисных явлений в экономике. В связи с этим появилась необходимость разработки новой методики.

Переход к рыночной экономике и новым методам хозяйственной деятельности вынудил промышленные предприятия пересмотреть планы выпуска своей продукции. В итоге на многих производствах сократились объемы товарного выпуска и изменилась ассортиментная политика. Кроме того, изменились абсолютные показатели работы: объемы производства и продаж, себестоимость и рентабельность продукции. Заметно трансформировались и все функциональные подразделения и службы, в том числе система управления на предприятиях. Динамика и эффективность работы предприятий уже не отражали в полном объеме эффективность системы управления предприятием, так как была нарушена сложившаяся за многие годы взаимозависимость между управляемой и управляющей подсистемами. Чтобы оценить эффективность управления, требуется проанализировать произошедшие изменения [1].

Как известно, в условиях рынка цена на продукцию складывается под влиянием платежеспособного спроса, и производитель не может в полной мере влиять на ее формирование, однако он имеет возможность регулировать свои затраты и этим влиять на рентабельность производства и продаж. Значит, учитывая сложившуюся рыночную цену, чтобы повысить эффективность производства, необходимо снизить затраты. Этот известный тезис берется нами за основу при поиске направлений выявления резервов повышения эффективности промышленного производства. На наш взгляд, их можно выявить при анализе структуры затрат, следовательно эффективность системы управления тоже можно оценить в соответствии с динамикой затрат на ее функционирование и соответствующими изменениями в рентабельности производства [2].

Российские предприятия на современном этапе их функционирования в зависимости от организации управления затратами делятся на три группы:

1. Предприятия, практически не занимающиеся управлением затратами. Сейчас их мало, но буквально несколько лет назад почти все российские компании можно было включить в эту группу. В период становления рыночных отношений предприятиям в первую очередь было важно занять свою нишу на рынке и закрепиться. Конкуренции практически не было, и перед бурно развивающимися компаниями не стояла основная цель – быстро получить высокую прибыль, кроме того, возможность устанавливать максимально высокие цены при наращивании объемов продаж обеспечивала достаточно высокую рентабельность производства.

2. Предприятия, занимающиеся управлением затратами в силу необходимости. Сейчас большая часть действующих компаний относится к этой группе. Российские рынки в основном уже сложились, идет конкурентная борьба, объем продаж заметно снизился, резко упала рентабельность. В таких условиях стало невозможно поддерживать должный уровень рентабельности за счет повышения цен, а потому руководители предприятий начали искать возможность получать прибыль за счет уменьшения затрат. Отличительная особенность предприятий этой группы – ориентация на оптимизацию затрат.

3. К третьей группе относятся предприятия, профессионально занимающиеся менеджментом и планированием затрат. На сегодня таких предприятий немного, но они самые перспективные на рынке с точки зрения конкурентоспособности. В отличие от компаний второй группы они не только работают над оптимизацией затрат, но и занимаются поисками оптимальных объемов продаж и рассчитывают порог безубыточной деятельности [3].

Чтобы выявить резервы снижения себестоимости, следует проанализировать структуру затрат предприятия. Сначала надо описать все существующие у предприятия затраты, затем разбить их на отдельные группы по определенному критерию и провести анализ каждой группы как по отдельности, так и взаимосвязано, параллельно анализируя составляющие групп. На наш взгляд, самый простой метод анализа – построение диаграмм по статьям затрат, которые входят в состав себестоимости продукции. Для наиболее эффективного выявления и использования резервов в первую очередь надо выбрать самые значимые статьи, которых в большинстве случаев немного [4].

Как нам представляется, для целей нашего исследования анализ динамики затрат на производство готовой продукции в стоимостном выражении не совсем эффективен, поскольку в этом случае на структуру затрат влияет много макроэкономических факторов, наличие которых может привести к искажению в выводах, – это инфляция, структурные трансформации в промышленности, изменение цен на сырье и материалы и другие факторы. Кроме того, нельзя забывать о микроэкономических факторах, которые обусловлены спецификой различных предприятий. Более точно оценить влияние интересующих нас факторов на изменение эффективности производства позволяет анализ динамики затрат труда. Как известно, эффективность любого производства по большей части зависит от производительности труда, которая обратно пропорционально связана с величиной трудозатрат. К тому же сложившиеся рынки ресурсов и известная в них потребность в натуральном выражении всегда позволяют определить стоимость любых ресурсов, включая трудовые, в каждой подсистеме предприятия, что дает возможность построить стоимостные показатели на базе натуральных.

Чтобы более точно определить степень влияния внутренних факторов на изменение эффективности производства, мы предлагаем проанализировать структуру затрат труда на выпуск продукции. Показателем, характеризующим объем выпуска продукции, предлагаем принять затраты труда основных рабочих. Учитывая, что динамика производительности труда основных рабочих практически не изменяется, данный показатель лучше всего будет характеризовать объем выпуска товарной продукции. В настоящем исследовании мы не рассматриваем факторы, оказывающие влияние на производительность труда основных рабочих.

Основное внимание при анализе мы уделяем динамике затрат труда работников системы управления. Как известно, затраты на управление являются условно-постоянными и не зависят от объема выпуска товарной продукции, следовательно, нам нужно выявить тенденцию изменения с течением времени затрат на управление, учитывая динамику выпуска продукции. Затраты на транспортное, ремонтное и инструментальное обслуживание тоже напрямую не зависят от объемов производства. Тем не менее при снижении объемов производства условно-постоянные затраты не снижаются пропорционально, и это сказывается на себестоимости продукции и рентабельности производства.

Простое сравнение данных не даст нам нужных результатов, так как разные промышленные предприятия имеют свою специфику производства и структуру затрат, поэтому нельзя просто сопоставить их показатели. Таким образом, нет смысла использовать абсолютные показатели, нужно искать величины относительные.

Поэтому для проведения анализа предлагаем использовать систему коэффициентов. Выделим несколько групп [4]:

1. Коэффициенты  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ , которые характеризуют отношение затрат труда группы работников к затратам труда основных рабочих, то есть к объему выпуска продукции. Эта группа коэффициентов делится две подгруппы: одна характеризует уровень затрат обслуживающих и вспомогательных производств, другая – уровень затрат в системе управления.

2. Коэффициент  $K_7$  характеризует относительный уровень трудозатрат подсистем, которые не связаны напрямую с выпуском продукции.

3. Коэффициент  $K_8$  характеризует относительный уровень затрат труда управляющей системы по управлению управляемой системой.

4. Коэффициенты  $K_9, K_{10}, K_{11}, K_{12}, K_{13}, K_{14}, K_{15}, K_{16}$  характеризуют доли затрат труда каждой подсистемы в общей сумме трудозатрат.

С целью проведения сравнительного анализа предлагаем построить систему индексов, которые определяют отклонение определенного показателя от тренда выпуска готовой продукции, в рассматриваемом случае это динамика трудозатрат основных рабочих. Эти индексы дают возможность получить годные для сравнения и сопоставимые данные, избежав влияния специфических особенностей разных производств. Принимаем за единицу индекс анализируемого показателя в первый год исследования, остальные индексы строим, сопоставляя значения в динамике. Полученные в результате индексы дают возможность оценить гибкость исследуемой подсистемы и сопоставить эффективность управления подсистемой на разных предприятиях [3].

Динамика затрат труда разных групп работников в расчете на годовой выпуск продукции за исследуемый период:

$$Z_{\text{пр}} = O + P + И + T,$$

где  $O$  – затраты труда основных рабочих, н/ч;  
 $P$  – затраты труда рабочих-ремонтников, ч;  
 $И$  – затраты труда рабочих-инструментальщиков, ч;  
 $T$  – затраты труда рабочих-транспортников, ч;  
 $Z_{\text{пр}}$  – затраты труда всех работников управляемой подсистемы, ч;  
 $Y_{\text{пр}}$  – затраты труда управленческого персонала в цехах, ч;  
 $Y_3$  – затраты труда управленческого персонала в заводоуправлении, ч;  
 $Y_{\text{общ}}$  – затраты труда всего управленческого персонала, ч:

$$Y_{\text{общ}} = Y_3 + Y_{\text{пр}},$$

$Z$  – суммарные затраты труда всех работников управляемой подсистемы и управленческого персонала, ч:

$$Z = P + И + T + Y_{\text{общ}},$$

$Z_{\text{общ}}$  – общие затраты труда на годовой выпуск товарной продукции, ч:

$$Z_{\text{общ}} = O + P + И + T + Y_{\text{общ}} = Z_{\text{пр}} + Y_{\text{общ}} = Z + O.$$

Коэффициенты, которые характеризуют динамику трудозатрат:

$K1$  – количество часов, затрачиваемых рабочими-ремонтниками на 1 нормо-час, затрачиваемый основными рабочими на выпуск продукции:

$$K1 = P / O,$$

$K2$  – количество часов, затрачиваемых рабочими-инструментальщиками на 1 нормо-час, затрачиваемый основными рабочими на выпуск продукции:

$$K2 = И / O,$$

$K3$  – количество часов, затрачиваемых рабочими-транспортниками на 1 нормо-час, затрачиваемый основными рабочими на выпуск продукции:

$$K3 = T / O;$$

$K4$  – количество часов, затрачиваемых управленцами в цехах и на производствах на 1 нормо-час, затрачиваемый основными рабочими на выпуск продукции:

$$K4 = Y_{\text{пр}} / O,$$

$K5$  – количество часов, затрачиваемых управленцами в заводоуправлении на 1 нормо-час, затрачиваемый основными рабочими на выпуск продукции:

$$K5 = Y_3 / O,$$

К6 – количество часов, затрачиваемых работниками всей управляющей системы на 1 нормо-час, затрачиваемый основными рабочими на выпуск продукции:

$$K6 = Y_{\text{общ}} / O,$$

К7 – количество часов, затрачиваемых рабочими вспомогательных и обслуживающих производств и работниками всей управляющей системы на 1 нормо-час, затрачиваемый основными рабочими на выпуск продукции:

$$K7 = З / O,$$

К8 – количество часов, затрачиваемых работниками управляющей системы на 1 час, затрачиваемый работниками управляемой системы на выпуск продукции:

$$K8 = Y_{\text{общ}} / З_{\text{пр}},$$

Коэффициенты, которые характеризуют динамику доли трудозатрат разных групп работников в расчете на годовой выпуск продукции:

К9 – доля затрат труда основных рабочих в общих трудозатратах:

$$K9 = O / З_{\text{общ}},$$

К10 – доля затрат труда рабочих-ремонтников в общих трудозатратах:

$$K10 = P / З_{\text{общ}},$$

К11 – доля затрат труда рабочих-инструментальщиков в общих трудозатратах:

$$K11 = И / З_{\text{общ}},$$

К12 – доля затрат труда рабочих-транспортников в общих трудозатратах:

$$K12 = Т / З_{\text{общ}},$$

К13 – доля затрат труда работников управления в цехах и производствах в общих трудозатратах:

$$K13 = Y_{\text{пр}} / З_{\text{общ}},$$

К14 – доля затрат труда работников заводоуправления в общих трудозатратах:

$$K14 = Y_3 / З_{\text{общ}},$$

К15 – доля затрат труда работников всей системы управления в общих трудозатратах:

$$K15 = Y_{\text{общ.}} / З_{\text{общ}},$$

К16 – доля затрат труда рабочих и работников вспомогательных и обслуживающих производств и всей системы управления в общих трудозатратах:

$$K16 = З / З_{\text{общ}}$$

Индексы, которые характеризуют изменения трудозатрат в исследуемый период по сравнению с базовым годом [4]:

$i_1$  – индекс изменения коэффициента K1 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению трудозатрат рабочих-ремонтников на 1 нормо-час трудозатрат основных рабочих;

$i_2$  – индекс изменения коэффициента K2 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению трудозатрат рабочих-инструментальщиков на 1 нормо-час трудозатрат основных рабочих;

$i_3$  – индекс изменения коэффициента K3 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению трудозатрат рабочих-транспортников на 1 нормо-час трудозатрат основных рабочих;

$i_4$  – индекс изменения коэффициента K4 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению трудозатрат управленцев в цехах и производствах на 1 нормо-час трудозатрат основных рабочих;

$i_5$  – индекс изменения коэффициента K5 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению трудозатрат менеджеров в заводоуправлении на 1 нормо-час трудозатрат основных рабочих;

$i_6$  – индекс изменения коэффициента K6 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению трудозатрат работников всей управляющей системы на 1 нормо-час трудозатрат основных рабочих;

$i_7$  – индекс изменения коэффициента K7 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению трудозатрат рабочих вспомогательных и обслуживающих производств и работников всей управляющей системы на 1 нормо-час трудозатрат основных рабочих;

$i_8$  – индекс изменения коэффициента K8 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению трудозатрат работников всей управляющей системы на 1 час трудозатрат работников управляемой системы;

$i_9$  – индекс изменения коэффициента K9 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению доли затрат труда основных рабочих в общих трудозатратах по выпуску продукции;

$i_{10}$  – индекс изменения коэффициента K10 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению доли затрат труда рабочих-ремонтников в общих трудозатратах по выпуску продукции;

$i_{11}$  – индекс изменения коэффициента K11 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению доли затрат труда рабочих-инструментальщиков в общих трудозатратах по выпуску продукции;

$i_{121}$  – индекс изменения коэффициента K12 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению доли затрат труда рабочих-транспортников в общих трудозатратах по выпуску продукции;

$i_{13}$  – индекс изменения коэффициента K13 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению доли затрат труда работников управления в цехах и производствах в общих трудозатратах по выпуску продукции;

$i_{14}$  – индекс изменения коэффициента K14 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению доли затрат труда работников заводоуправления в общих трудозатратах по выпуску продукции;

$i_{15}$  – индекс изменения коэффициента K15 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению доли затрат труда работников всей системы управления в общих трудозатратах по выпуску продукции;

$i_{16}$  – индекс изменения коэффициента K16 в текущем году по сравнению с базовым, соответствует относительному изменению доли затрат труда рабочих, работников обслуживающих и вспомогательных производств и всей системы управления в общих трудозатратах по выпуску продукции.

Все индексы вычисляются по формуле:

$$I_y = \frac{\text{Значение коэффициента } K_y \text{ в исследуемом году}}{\text{Значение коэффициента } K_y \text{ в базовом году}},$$

где  $I_y$  – значение у-го индекса за исследуемый год;

у – порядковый номер индекса и коэффициента.

Значение коэффициента  $K_y$  в базовом году является для него постоянным.

Представленная методика, на наш взгляд, является универсальной, системной, комплексной и дискретной.

*Универсальность* методики состоит в том, что ее можно применять при построении систем коэффициентов и индексов для разных систем и подсистем предприятий в связи с наличием в них сопоставимых затрат труда. По этому же принципу можно проанализировать структуру затрат труда конкретного работника, которую называют «фотографией рабочего дня». Универсальность заключается и в возможности осуществить анализ структуры затрат при изменении временного критерия на стоимостный и провести анализ структуры затрат в стоимостном выражении.

*Комплексность* методики заключается в том, что можно учитывать весь комплекс затрат труда независимо от природы и места осуществления. Кроме того, методика дает возможность провести комплексный анализ трудозатрат в любой подсистеме предприятия и затрат на осуществление в целом хозяйственной деятельности предприятия в силу их сопоставимости.

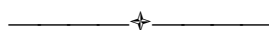
*Системность* методики определяется наличием в трудозатратах различных подсистем системообразующих связей и тем, что без учета системных факторов невозможно провести комплексный анализ.

*Дискретность* методики состоит в том, что она позволяет анализировать трудозатраты в системе в целом и в каждой подсистеме отдельно и получать при этом качественные результаты. К примеру, можно проанализировать трудозатраты на технологические операции, на выпуск готовой продукции, на единицу выпускаемой продукции, учитывая номенклатуру и т. д. [2].

Подводя итоги, можно сделать следующий вывод: управление затратами – это приоритетное направление развития комплексной системы управления, основа для исследования эффективности функционирования всех систем и подсистем предприятия, для выявления резервов эффективного развития системы управления и в целом всего предприятия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Галачиева С. В., Хачетлова Е. Р.* Стратегические направления повышения эффективности деятельности предприятий промышленного комплекса в контексте их масштабной модернизации и устойчивого развития // Устойчивое развитие горных территорий. Изд. СКГМИ (ГТУ), 2014. № 3 (21).
2. *Галачиева С. В., Алиханов А. В.* Формирование и реализация стратегии повышения конкурентоспособности промышленного производства // Вопросы экономики и права. 2012. № 12 (54).
3. *Галачиева С. В., Душкин А. И.* Инновационная деятельность промышленного предприятия в экономической структуре рынка // Экономический вестник Ростовского государственного университета. 2012. № 10. Вып. 1–2.
4. *Яковлева О. П.* Формирование и измерение резервов производства / Под ред. В. Л. Клименко. Л.: Изд-во ЛГУ, 2015.



УДК 338.45(470.6)

*асп. ПАРОШИН Е. А.,  
асп. ГУГКАЕВ В. Х.,  
асп. КУДАЕВ Б. А.,  
асп. КУШХОВА Д. С.*

### **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СИСТЕМНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМА СТИМУЛИРОВАНИЯ ИХ УСТОЙЧИВОГО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ**

Модернизация промышленности, рассматриваемая как необходимое условие повышения конкурентоспособности российской экономики, в настоящее время является центральной проблемой концептуализации промышленной политики России и формирования действенного механизма ее реализации. Технологическое отставание отечественной промышленности от США, значительной части стран Юго-Восточной Азии и Европы привело к ориентации экономики на экспорт сырья и энергоносителей, что существенно усилило диспропорции производственного комплекса. Это негативно отразилось на экономическом развитии тех регионов, чья промышленность ориентирована на создание технологически сложной продукции, и существенно повысило в них социальную напряженность. Для выхода из создавшейся ситуации, отягощенной последствиями мирового экономического кризиса, требуется активное государственное воздействие, направленное на наращивание производственных мощностей страны [1].

В связи с вышеизложенным целью статьи является раскрытие функциональной роли промышленной политики в рамках парадигмы модернизации производственного потенциала российской экономики, что требует исследования феномена промышленной политики и производственного потенциала,



изучения российского и зарубежного опыта ведения промышленной политики, определения функций государства в процессе модернизации промышленного комплекса.

Следует отметить, что категория «промышленная политика» до настоящего времени не имеет достаточно устоявшегося и однозначно воспринимаемого всеми определения. Отсюда возникает различие в понимании ее роли и места в процессе социально-экономического развития страны в целом и отдельных регионов в частности.

В соответствии с новой редакцией проекта Федерального закона № 75357-5 «О промышленном развитии Российской Федерации до 2020 года» промышленная политика – «система согласованных правовых, социально-экономических, организационных, информационных, научно-технических и иных мер, направленных на поддержку и рост промышленного производства, обеспечение его эффективности и высокой конкурентоспособности, содействие технико-технологическому процессу, исходя из приоритетов устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития территорий и страны в целом».

В разработках Торгово-промышленной палаты РФ промышленная политика определяется как совокупность мер государственно-правового регулирования деятельности хозяйствующих субъектов (предприятий, корпораций, предпринимателей и т. д.), а также отдельных аспектов этой деятельности, относящихся к приобретению факторов производства, организации производства, распределению и реализации товаров и услуг во всех фазах жизненного цикла хозяйствующего субъекта и жизненного цикла его продукции.

По мнению В. Никитаева, промышленная политика – это ограниченное системой права (законодательством) взаимодействие соответствующих субъектов (органов власти разного уровня, компаний, общественных объединений) по вопросам направлений, способов и средств развития промышленно-энергетического сектора экономики [2].

О. В. Мяснянкина определяет промышленную политику как «комплекс мер, сконцентрированных на целенаправленном изменении структуры экономики за счет создания условий для развития приоритетных секторов и производств».

Изучение трактовок категории «промышленная политика» показывает, что ряд исследователей сосредотачивает внимание на мероприятиях, входящих в ее состав, в то время как некоторые авторы сужают данное понятие до перечисления хозяйствующих субъектов. Вместе с тем, существующие дефиниции не полностью соответствуют как условиям современного экономического развития России, так и требованиям настоящего исследования, а именно структуризации функций и инструментов промышленной политики и соотношению их с соответствующими уровнями государственного управления. Следовательно, существует объективная необходимость в авторском определении промышленной политики.

Промышленная политика (ПП) представляет собой законодательно ограниченный комплекс экономических, политических и организационных мероприятий, проводимых на всех уровнях национальной экономической системы в целях повышения эффективности и конкурентоспособности отечественной промышленности, которые направлены: на совершенствование ее производ-

ственно-технического, информационного и организационного потенциала; поддержку приоритетных отраслей и комплексов; создание оптимального режима конкуренции в отраслях промышленности; стимулирование развития малого и среднего бизнеса; реализацию крупномасштабных общенациональных проектов и программ; управление системой НИОКР; наращивание экспортного потенциала.

Таким образом, активная промышленная политика занимается решением двойственной задачи: с одной стороны, конъюнктурной модернизацией экономики путем устранения самых острых текущих проблем стимулирования экономического роста; с другой стороны, определением долговременной стратегии экономического развития страны путем наращивания ее производственного потенциала [3].

Под «производственным потенциалом» в общем виде А. Н. Азрилиян понимает реальный объем продукции, который возможно произвести при полном использовании ресурсов, а также имеющиеся и потенциальные возможности производства, наличие факторов производства, обеспеченность определяющими видами ресурсов.

Под «производственным потенциалом национальной экономики» в рамках данного исследования понимается имеющаяся в распоряжении у государства совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих ресурсов, с помощью которых можно произвести определенное количество материальных благ.

В настоящий момент наблюдается переход к интенсивному развитию на постиндустриальной основе, который изменяет тактику реализации промышленной политики, диктует иные подходы к определению приоритетных факторов развития промышленности. В индустриальном обществе наиболее применимыми были концепции промышленного роста, в соответствии с которыми увеличение количества создаваемых благ служило наилучшим измерителем прогресса, а между объемом применяемых факторов производства и конечным результатом существовала четкая зависимость [2].

Этот переход сопровождается революционным преобразованием всей системы производства: средств и предметов труда, источников энергии, технологий, средств коммуникации и связи, форм организации производства. Научные знания, информация превращаются в важнейший самостоятельный ресурс и фактор промышленного производства. В значительной степени постиндустриализм снимает многие различия между материальным производством и тем, что раньше считалось непроизводственной сферой, по технической оснащенности, информационному обеспечению, характеру труда и назначению его продукта (удовлетворению потребностей). Сближаются они и по степени взаимного влияния друг на друга и на общественный прогресс в целом. Производство материальных благ остается элементарной основой жизни общества, но в то же время резко усиливается значение социокультурных, образовательных, психологических факторов.

Постиндустриализация означает для промышленности качественно новую ступень интеграционных процессов, выражающихся в глобализации экономики. К традиционным факторам (интернационализации производства, углублению международного разделения труда и развитию мирового рынка) присоединяются новые. В их числе необходимость объединения усилий

стран для осуществления больших проектов в области авиации, транспорта и связи, космической техники, гидрометеослужбы, в сфере создания мировой экономической инфраструктуры, стандартизации производства, решения глобальных экологических проблем, оповещения о возможных природных и техногенных катастрофах. Начинает складываться общемировое экономическое, финансовое, информационное, транспортное и телекоммуникационное пространство. Постиндустриализм создает предпосылки для разработки и реализации современной промышленной политики, с учетом формирующихся новых социально-экономических условий.

Все эти обстоятельства обуславливают приоритетность разработки и последовательной реализации промышленной политики. При этом следует учитывать национальные цели экономического развития, систему определения приоритетов и распределения производственных ресурсов, механизмы реализации этих приоритетов. Основой для детализированной проработки промышленной политики является стратегия индустриального развития, выстраивающая этапные задачи с учетом общих закономерностей внедрения инноваций, состояния производственной базы страны, тенденций изменения мировой хозяйственной конъюнктуры [1].

Разработка рациональной промышленной политики, ее корректировка в соответствии с происходящими изменениями актуализируется в переломные периоды, например, при переходе к рыночной экономике или в периоды кризисного или посткризисного развития экономической системы. При этом органы государственной власти не могут быть свободны от ответственности за неэффективное, не отвечающее интересам общества решение задач социально-экономического развития, замедление экономического, технологического, управленческого и гуманитарного прогресса в этот период. Необходимо учитывать, что промышленная политика способствует устранению устаревших производственных структур и формированию новых, ускорению научно-технического и управленческого прогресса, повышению приспособляемости к объективным требованиям глобализации мировой экономики.

Анализ концептуальных основ управления устойчивым развитием промышленных предприятий выявил необходимость учета факторов внешней и внутренней среды предприятия, в целях обеспечения возможности перехода в качественно новое состояние для максимизации социо-эколого-экономического эффекта. Данные факторы включают в себя большое количество составляющих, комплексно влияющих на деятельность предприятия. На основании этого, в целях управления устойчивым развитием предприятия, необходимо выделять виды устойчивого развития, каждый из которых будет характеризовать существенную сторону деятельности промышленных предприятий, и учитывать влияние представленных факторов внутренней и внешней среды.

В основе достижения устойчивого развития лежит принцип активного реагирования на изменения внутренних и внешних факторов. Становится очевидным, что устойчивое развитие предприятия необходимо рассматривать в двух аспектах – с точки зрения внешней и внутренней устойчивости.

Внутренняя устойчивость промышленного предприятия – это такое состояние материально-вещественной и стоимостной структуры производства и реализации продукции и такая её динамика, при которой обеспечивается ста-

бильно высокий результат функционирования предприятия. В основе достижения внутренней устойчивости лежит принцип активного реагирования на изменение внутренних и внешних факторов.

Внешняя по отношению к предприятию устойчивость определяется стабильностью экономической среды, в рамках которой осуществляется деятельность промышленного предприятия. Она достигается соответствующими механизмами управления рыночной экономикой в целом в контексте стабильности, детерминированности факторов, определяющих её базовые характеристики состояния. Поэтому устойчивость предприятия также может рассматриваться в качестве компенсационного механизма, позволяющего предприятию в процессе своего функционирования адаптироваться к дестабилизирующему влиянию как внешней среды, так и внутренней [3].

При таком понимании устойчивого развития промышленного предприятия ясно, что оно достигается лишь тогда, когда внутренние и внешние возмущения относительно предприятия своевременно предупреждаются, погашаются или даже используются в интересах развития предприятия.

Следовательно, для успешного управления устойчивым развитием промышленных предприятий в длительной перспективе необходимо четко отслеживать внешние факторы воздействия на предприятие, соотнося их с внутренними факторами, т. е. с возможностями предприятия, от которых как раз и зависит его развитие. Осуществление такого управления невозможно без обеспечения стратегической устойчивости промышленных предприятий.

Под стратегической устойчивостью необходимо понимать способность предприятия сохранять свою целостность и достигать поставленных целей посредством установления динамичного баланса с окружением. Характеризовать потенциал стратегической устойчивости необходимо, учитывая чувствительность промышленных предприятий к сигналам внешней среды.

Так как управление устойчивым развитием промышленных предприятий основывается на совмещении экономического развития (как экономической выгоды) с социальным развитием (как достижением социальной пользы) и экологической безопасностью (как действием, направленным на сохранение окружающей природы, то есть среды обитания не только тех, кто живет сегодня, но и последующих поколений), то по мнению автора в качестве основных видов устойчивого развития промышленных предприятий, безусловно, будут выступать социальная, экономическая и экологическая устойчивость (рисунок).

Причем расставлять приоритеты в значимости данных видов представляется нецелесообразным, они должны иметь равную весомость в процессе управления устойчивым развитием промышленных предприятий.

Разделение на виды устойчивого развития является условным, так как все они взаимосвязаны и взаимодополняют друг друга, и должны рассматриваться комплексно в контексте обеспечения эффективного механизма функционирования и управления промышленным предприятием. Экономическая устойчивость предприятия достигается в процессе стратегического и оперативного управления составляющими первой, а именно: конкурентоспособностью продукции; финансовой устойчивостью; способностью организации к диверсификации; инвестиционной активностью; организационно-экономической гибкостью. Основой экономической устойчивости должна стать воз-

возможность предприятия противостоять воздействию внешней среды на основе принятия эффективных решений в области производственного, финансового и маркетингового менеджмента, позволяющих получать прибыль и выполнять свои обязательства перед партнерами [2].

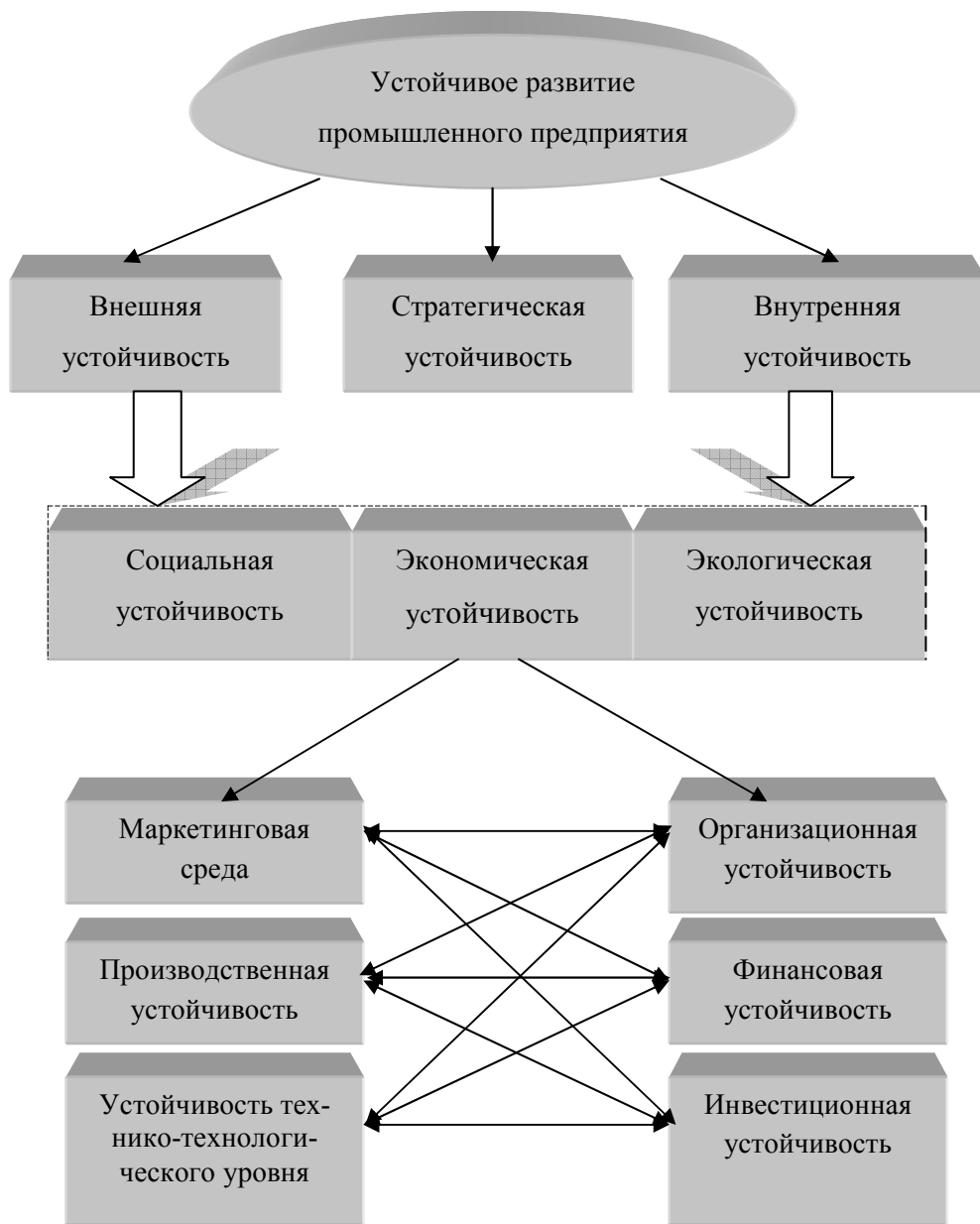


Рис. 1. Виды и подвиды устойчивого развития промышленных предприятий

Таким образом, по нашему мнению, содержание экономической устойчивости промышленного предприятия представляет собой стабильное развитие, достигаемое оптимальным соотношением и взаимосвязью производст-

венной, финансовой, инвестиционной, организационной, маркетинговой и технико-технологической устойчивости предприятия, обеспечивающей адаптивность к влиянию факторов внешней среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Галачиева С. В., Дыгов Х. З. Подходы к определению устойчивого развития макрорегиона // Экономические науки. 2012. № 97. С. 118–121.
2. Галачиева С. В., Махошева С. А. Геоэкономические факторы устойчивого развития Северного Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий. 2014. № 2. С. 107–111.
3. Глазьев С. России необходимо формирование нового технологического уклада [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ras.ru>



УДК 3321(470.6)

*Д-р экон. наук, профессор МАХОШЕВА С. А.,  
асп. МУДАЕВА А. М.,  
асп. ЗАБУРАЕВ Ч. Ш.\**

#### **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА И ПРИОРИТЕТЫ ИННОВАЦИОННОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

При разработке методологических и методических основ формирования регионального устойчивого развития экономики следует ориентироваться на ключевую целевую установку – создание благоприятных условий для перехода производственно-хозяйственной деятельности региона к инновационному воспроизводству [1], который направлен на обеспечение в полном объеме общественных потребностей. С этой точки зрения, чтобы добиться приоритетной цели регионального социально-экономического развития, необходимо сформировать пространственную воспроизводственную организацию, обеспечивающую доступное использование источников инновационного развития всеми субъектами Российской Федерации, повсеместно осваивать эффективные передовые и инновационные разработки, внедрять современный технологический уклад во всех отраслях экономики.

В Чеченской Республике одним из основополагающих препятствий для обеспечения устойчивого развития ее экономики является сохранение убыточных производств с устаревшей техникой и технологиями, которые не в состоянии обеспечивать стабильный экономический рост. Их дальнейшее воспроизводство приводит к снижению эффективности регионального хозяйства и замедляет процесс устойчивого развития региона. В связи с этим считаем целесообразным проанализировать основные особенности и закономерности, проявляющиеся при смене технологических укладов в республике [2].

---

\* Грозненский государственный нефтяной университет им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, РФ.

В рассматриваемом регионе существуют условия для модернизации производства и инновационного развития, однако формирование следующего, пятого этапа технологического уклада сдерживает сложившаяся система хозяйствования, так как жесткие рамки взаимосвязанных средств технологического оснащения и производственный процесс на предприятиях, связанные с третьим и четвертым этапами, не дают возможности успешного внедрения передовых технологий пятого и шестого технологических укладов. Кроме того, непомерно высокие расходы на внедрение и эффективное освоение инноваций при довольно низком инвестиционном потенциале Чеченской Республики; недостаточные объемы инвестиционных вложений, направленных на модернизацию и реконструкцию устаревшей материально-технической базы; отсутствие заинтересованности в освоении новой техники и технологий; отток высококвалифицированных кадров из региона, а также различия в условиях и возможностях осуществления преобразований внутри территории – все это сдерживает формирование в регионе пятого технологического уклада.

Кризисные явления, затронувшие экономику республики, усугубили разрушительные процессы, происходящие в реальном секторе, – использование дешевой неквалифицированной рабочей силы, резко ограничившее эксплуатацию оборудования и техники, разрыв хозяйственных связей и т. д., что обусловило технологическое отставание производственной отрасли, уменьшение ее связи с наукой и снижение объема регионального инновационного рынка [3].

По мнению С. Ю. Глазьева, одного из создателей теории технологических укладов, в настоящее время мировая экономика находится в преддверии шестого технологического уклада, переходящего «из эмбриональной фазы развития в фазу роста» [4]. Его становление началось с разработки и внедрения технологий преобразования вещества, создания принципиально новых наноматериалов и наноструктурированных покрытий, освоения клеточных технологий модифицирования живых организмов, в том числе генной инженерии, что наряду с нанoeлектроникой, информационными технологиями, наносистемной техникой и т. д. «составляет ядро шестого технологического уклада».

С. Ю. Глазьев предполагает, что, судя по предыдущим периодам смены основных технологических укладов, переход к фазе роста произойдет примерно через пять-восемь лет.

Толчком для процесса перехода явилось резкое повышение цен на энергоресурсы, и в данный момент все чаще начинают применяться новые технологии благодаря привлечению избыточного капитала, при этом может наблюдаться резкое уменьшение интереса к продукции, произведенной по традиционным технологиям. По прогнозам С. Ю. Глазьева, в переходном периоде усиление экономической активности, обусловленное новым технологическим укладом, не компенсирует стагнацию производства в хозяйственных институтах, связанных с устаревшими укладами, поэтому рецессия экономики в развитых государствах может перерасти в депрессию, тогда как в развивающихся странах снизятся темпы экономического развития.

Академик РАН, профессор Ю. В. Яковец, разработавший концепцию стратегического инновационного прорыва, утверждает: «В течение ближайших 10–15 лет будет осуществляться переход к шестому технологическому

укладу, основой которого будет не столько микроэлектроника, сколько наноэлектроника, фотоника и фотоинформатика» [5].

По прогнозам специалистов, если нынешние темпы экономического и технического развития не изменятся, начало повсеместного распространения шестого технологического уклада следует ожидать в 20-х годах нынешнего столетия, а период расцвета наступит в 40-х годах. Такого рода прогнозы подтверждаются уровнем развития наукоёмких, высоких технологий в развитых странах мира: к примеру, в США около 5 % составляет доля технологий шестого уклада, 60 % – пятого уклада, 20 % – четвертого. По данным американского научного фонда, в 2020 г. в США годового оборот рынка нанотехнологий будет составлять более одного триллиона долларов.

К сожалению, следует признать, что формирования шестого технологического уклада в России ожидать пока рано. Даже технологии пятого уклада, и то лишь в авиакосмической отрасли и военно-промышленном комплексе, составляют около 10 %, более 50 % – доля четвертого уклада и около 30 % – доля третьего технологического уклада.

Для обеспечения вхождения России в шестой технологический уклад необходима кардинальная структурная перестройка ее инновационной политики, модернизация всей российской экономики, резкий рывок в технологическом развитии страны, для чего следует существенно увеличить финансирование организации научно-исследовательских работ и затрат на разработку и внедрение современных передовых технологий.

В таблице 1 представлены сравнительные данные, отражающие недостаточное финансирование в целом по РФ научных исследований и разработок, в том числе в Чеченской Республике.

Низкий уровень технологического развития и превалирование третьего и четвертого укладов в Чеченской Республике, на наш взгляд, можно объяснить неэффективностью институциональных механизмов, направленных на активизацию инновационной деятельности субъектов хозяйствования. В регионе ощущается острая нехватка инноваторов, способных создавать и внедрять передовые технологии, которые позволят ему конкурировать на внутреннем и внешнем рынке. Это напрямую связано с отсутствием различного рода методов стимулирования инновационной активности в промышленном производстве. Структуры, занимающиеся обслуживанием и обеспечением инновационной деятельности, недостаточно эффективно привлекают и распространяют промышленные инновации на депрессивных территориях, а хозяйствующие субъекты, функционирующие на этих территориях, в свою очередь не используют инновационную инфраструктуру для усовершенствования своего производства.

В регионе практически полностью отсутствуют масштабные внебюджетные источники финансирования научных разработок и исследований [1].

Кроме того, крупный и малый бизнес практически не взаимодействуют, как и учреждения науки и образования. На наш взгляд, с целью обеспечения условий для активизации инновационной деятельности, целесообразно развивать институты, оказывающие прямое либо опосредованное влияние на эффективную производственно-хозяйственную деятельность в Чеченской Республике, а также внедрять современные организационные формы взаимодействия бизнеса и науки.



Таблица 1 – Внутренние текущие затраты на научные исследования и разработки по видам затрат в 2005–2014 гг. (млн руб.)

Субъект	Всего			Оплата труда			Страховые взносы в Пенсионный фонд, ФСС, ФФОМС		
	2005	2010	2011	2005	2010	2011	2005	2010	2011
Российская Федерация	221119,5	489450,8	568386,7	94274,4	241472,2	275925,3	22597,4	47904,6	68647,5
Северо-Кавказский федеральный округ	871,1	2578,1	3723,3	411,9	1436,9	1623,9	101,3	300,9	437,2
Чеченская Республика	15,0	108,7	118,7	11,2	83,0	83,2	2,6	20,9	22,4
	Всего			Оплата труда			Страховые взносы в Пенсионный фонд, ФСС, ФФОМС		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Российская Федерация	655061,7	699948,9	795407,9	307881,1	334769,1	372215,3	75417,6	82806,3	92645,2
Северо-Кавказский федеральный округ	3307,9	3611,0	4084,2	1528,9	1762,3	2012,4	399,9	495,5	561,1
Чеченская Республика	139,4	265,3	290,3	83,4	125,3	132,4	16,1	30,8	32,7
	Приобретение оборудования			Другие материальные затраты			Прочие текущие затраты		
	2005	2010	2011	2005	2010	2011	2005	2010	2011
Российская Федерация	9936,2	18067,7	20065,2	51304,4	89279,0	101591,9	43007,1	92727,3	102157,1
Северо-Кавказский федеральный округ	61,3	276,4	209,6	146,7	164,4	305,9	149,9	399,5	1146,7
Чеченская Республика	0,2	3,2	1,1	0,3	0,7	4,1	0,7	0,9	7,8
	Приобретение оборудования			Другие материальные затраты			Прочие текущие затраты		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Российская Федерация	25365,8	23529,5	26062,4	123690,1	134096,6	158082,1	122706,7	124747,4	146401,9
Северо-Кавказский федеральный округ	353,0	303,5	317,6	331,1	343,9	354,4	695,1	705,8	838,7
Чеченская Республика	13,5	31,2	92,5	2,6	49,4	8,5	23,7	28,5	24,2

\*Таблица составлена по данным ТО ФСГС РФ <http://www.gks.ru> и ТО ФСГС РФ по ЧР <http://chechenstat.gks.ru>

Ситуация усугубляется слабым кадровым обеспечением системы управления инновационными процессами в связи с недостатком преподавателей и отсутствием у населения желания проходить обучение в этой области. Отсюда следует острая потребность в развитии системы повышения квалификации по направлениям «инновационный менеджмент» и «промышленные инновации».

В различных программах по социально-экономическому развитию Чеченской Республики следует разработать мероприятия, направленные на повышение информационной грамотности населения и предпринимателей, для стимулирования использования хозяйствующими субъектами современных коммуникационных и информационных технологий в разных областях деятельности [5].

Усиление инновационной активности в регионе ограничивает отсутствие социокультурных и экономических механизмов, сохраняющих и развивающих инновационно активный трудовой потенциал – прежде всего это молодежь, высококвалифицированные специалисты и рабочие кадры. С целью повышения привлекательности сельской местности для жизни и хозяйственной деятельности, а также стимулирования инновационного поведения необходимо разработать систему поддержки и развития социокультурной сферы,

а также механизмы, позволяющие сформировать качественно новые отношения в социально-экономической системе региона.

Следует отметить практически полное отсутствие финансовых механизмов, стимулирующих инновационное развитие и модернизацию хозяйственной и производственной деятельности в Чеченской Республике. Для того чтобы преодолеть технологическую отсталость депрессивных территорий, следует не только формализовать уже устоявшиеся отношения, но и изменить внутреннюю структуру региональной экономики, что обеспечит необходимые для сбалансированного развития пропорции воспроизводственных отношений внутри региона.

Таким образом, основным условием устойчивого регионального социально-экономического развития является инновационная модернизация экономики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Абалкин Л. И.* Роль государства в становлении и регулировании рыночной экономики // Вопросы экономики. 2015. № 6.
2. *Абалкин Л. И.* Экономическая стратегия для России: проблема выбора. М.: ИЭРАН, 2015.
3. *Галачиева С. В., Махошева С. А.* Геоэкономические факторы устойчивого развития Северного Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий. Изд. СКГМИ (ГТУ), № 2, (20), 2014.
4. *Галачиева С. В., Дыгов Х. З.* Подходы к определению устойчивого развития макрорегиона // Экономические науки. 2012. № 12 (97).
5. *Лексин В. Н., Швецов А. Н.* Государство и регионы. Теория и практика государственного регулирования территориального развития. М.: УРСС, 2014. 368 с.



УДК 332.1

*Инж. ЦХУРБАЕВА Э. Ф.,  
канд. с.-х. наук ПЛИЕВА М. Т.,  
асп. ТАКАЕВА Х. Х.\**

## ОСНОВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Агропромышленный комплекс представляет собой систему связанных между собой отраслей, которые обеспечивают производство сельскохозяйственного сырья и конечной продукции потребления. В формировании конечного продукта АПК задействованы свыше 75 секторов народного хозяйства. Его интенсивное совершенствование возможно лишь при достижении стабильного воспроизводства, как в отдельном его структурном подразделении, так и в общем по отрасли.

---

\* Чеченский государственный университет, г. Грозный, РФ.

Следует обратить внимание на первоисточники понятия «устойчивое развитие». Базовые точки зрения о данном термине были представлены на конференции ООН по экологии и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Впоследствии данное понятие получило широкое распространение в научной области. В связи со вниманием, обращенным к этой проблеме, было обозначено осознание того, что уже в ближайшем будущем человечеству следует преодолеть проблемы замены энергетических ресурсов, которые добываются из недр Земли, ресурсами, получаемыми при помощи энергии Солнца и других неиссякаемых источников, а также посредством возобновляемых земель. Вместе с этим, часто вопросы стабильного развития привязывают, прежде всего, к состоянию окружающей природной среды, необоснованно обделяя иные основные причины – общественные, политические, экономические, культурные, этнические, территориальные и иные [1].

Следует отметить, что РФ, так же как ряд других государств, обратила свое внимание на подобную проблему. В 1996 г. Указом Президента РФ была утверждена «Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию».

В соответствии с данной концепцией базовые курсы перехода РФ к устойчивому развитию направлены и на преодоление экологических вопросов.

Кроме того, прежде всего, ввиду наблюдаемого общественно-экономического кризиса, который обусловлен рядом ошибочных решений в сфере аграрной политики, необходимо, с нашей точки зрения, принятие обоснованных решений в сфере общественных отношений, социальной политики, экономической стратегии.

В существующей обстановке трудности перехода к устойчивому развитию и формирование базовых курсов этого процесса являются злободневными, поскольку большинство важных реформ обязательно должны исходить из критериев обеспечения стабильного развития АПК.

Следовательно, «устойчивое развитие АПК – это умение субъектов данного воспроизводства постоянно и интенсивно содействовать рациональной пропорциональности между факторами воспроизводства АПК и нужными темпами его совершенствования в условиях хозяйственного риска и неопределенности».

Значимость исследования этого вопроса отмечается и отмечалась в трудах ученых-экономистов, влиятельных лиц государства. Вопросы стратегического развития агропромышленного комплекса обозначены в трудах ученых М. Ахмадеева, Б. Басаева, М. Балкизова, Г. Батова, Л. Белых, С. Глазьева, В. Градова, Л. Гукежевой, П. Иванова, В. Катькало, Н. Оксанич, В. Торопова, Ю. Трушина, Б. Уянаева, Н. Федоренко, В.Хлыстуна, Б. Шайтана, Ф. Цхурбаевой.

В трудах В. А. Коптюга уделено большое значение обоснованию концепции устойчивого развития. Ученый выделяет потребность подобного становления, которое бы соответствовало целям общественно-экономического прогресса и потребностям людей.

Следует согласиться с мнением ученого И. Г. Ушачёва, который обозначает: «С позиции научной доктрины, развитие – это не только и не столько увеличение отдельных количественных показателей, а прежде всего способность нашей агропромышленной сферы к расширенному воспроизводству, росту производительности труда, более полному удовлетворению социальных потребностей и улучшению уровня жизни народа».

Изучение стабильного развития ученого И. В. Курцева обусловило возможность, на примере Сибири, формирования конкретных мероприятий совершенствования агропромышленного комплекса, выявления экономического содержания стабильного развития. В своей основе оно считается альтернативой тем неблагоприятным процессам, которые происходили в последнее время и итогом которых явилось существенное сокращение величины производства сельхозтоваров, регресс финансово-экономического состояния сельхозпроизводителей, сокращения общественного становления сельских районов.

Вместе с тем определению и сущности обозначенной проблемы, а также и курсам ее преодоления в аграрном секторе присущи свои специфические черты. В первую очередь, относительно агропромышленного комплекса необходимо по сравнению с общей концепцией в современной ее трактовке по-иному расставить акценты по целям и факторам стабильного развития. Это связано и с самим местом агропромышленного комплекса в социуме, и задачами его общественно-экономического совершенствования, и возможностями их реализации на базе научно-технического прогресса. Необходимость и значимость становления АПК увеличивается и в виду наличия его главной и системообразующей части – сельского хозяйства [3].

В первую очередь, агропромышленный комплекс с его сельским хозяйством выполняет незаменимую роль в удовлетворении жизненных первостепенных потребностей человека – в обеспечении его продовольствием. Подобная функция воспроизводства одного из ключевых ресурсов человечества будет сохранять свою значимость и в будущем.

Кроме того, сельское хозяйство, являющееся фундаментом агропромышленного комплекса, в большинстве своем осуществляется посредством применения возобновляемых природных и биологических ресурсов. Следовательно, необходимо обеспечить высокий уровень их отдачи посредством получаемого продукта и объективного распределения цены в конечном продукте, в соответствии с вложенными расходами.

Также в связи с тем, что сельскохозяйственное производство обладает циклическим характером, стабильное его развитие следует связывать с регулярным возобновлением в более высокой степени определяющих его факторов. Иначе говоря, с ростом их возможностей оказывать благоприятное влияние на механизмы сельскохозяйственного производства.

На основании изложенного, обеспечение стабильного становления агропромышленного комплекса реально только на базе комплексного подхода, который предусматривает системное исследование задач, предпосылок, факторов и курсов ближайшего совершенствования во взаимной их связи, установление разных вариантов принятия решений и в результате подготовки системы.

Освоение подобной системы ставит перед собой целью формирование образца агропромышленного производства, который удовлетворял обозначенным критериям в соответствии с имеющимися критериями стабильного совершенствования АПК.

Вместе с этим достаточно проблематично провести жесткое разграничение между понятиями «предпосылки» и «факторы развития», одно и то же явление можно рассматривать и как предпосылку, и как фактор. К примеру, суммы положительных температур, количество выпадающих осадков, обес-

печенность сельского хозяйства профессиональными специалистами и т. д. в одних случаях рассматривают в качестве предпосылки, в иных – как факторы развития сельскохозяйственного производства.

Также следует помнить, что имеются разграничения предпосылок и факторов [4].

Предпосылки развития агропромышленного комплекса следует исследовать и правильно устанавливать. Это даст возможность формирования эффективной стратегии аграрного развития и определить теоретически обоснованные меры по её применению. Подобные предпосылки следует рассматривать в качестве исходного фундамента для реалистичного анализа будущего развития и определяющих его факторов. Они состоят из возможностей стабильного сельскохозяйственного развития. Их комплекс отражает задачи агропромышленного комплекса, заинтересованность власти и производителей в их решении, природные и экономические критерии аграрного производства, первоначальное состояние сельского хозяйства и иных секторов АПК в базовом периоде.

В ходе исследования было установлено, что ключевой предпосылкой развития является интерес власти в решении задач агропромышленного комплекса. Развития не будет в том случае, если государственная политика будет формироваться без всестороннего учёта интересов сельхозпроизводителей, а также, если власть нацелена на импорт продовольствия и не учитывает потребности продовольственной безопасности.

Вместе с социально важными задачами, которые получают поддержку со стороны органов власти, предпосылки стабильного развития агропромышленного комплекса обусловлены и условиями его деятельности.

От того, насколько формирующиеся условия агропромышленного производства содействуют реализации его целей, зависит существование предпосылок стабильного совершенствования АПК. Подобные предпосылки следует разделить на три группы: не поддающиеся массовому регулированию, частично регулируемые посредством тех или иных факторов, всецело зависимые от осуществляемых мероприятий по совершенствованию сельского хозяйства и проводимой сельскохозяйственной политики [5].

В первую группу входят те условия, которые складываются под воздействием природно-климатических факторов, которые неподвластны людям: обеспеченность землей, количество осадков, длина вегетационного периода. Их воздействие при учете современного уровня развития науки и техники невозможно устранить в более или менее существенных масштабах, хотя может быть в некоторой степени ослаблено. Ко второй группе следует относить условия, формирующиеся при одновременном воздействии природных и экономических факторов, но поддающиеся в определенной степени регулированию: почвенное плодородие, система земельных угодий, трудообеспеченность. В третью группу входят условия, которые складываются по итогам проведения конкретных мер по совершенствованию сельского хозяйства: оснащенность материально-техническими ресурсами, платежеспособность сельхозтоваропроизводителей, уровень подготовки специалистов, уровень инновационного совершенствования, функционирование продовольственного рынка.

Естественно, что в природе к конкретной группе условий при рассмотрении и применении их как предпосылки стабильного развития агропромыш-

ленного комплекса следует использовать дифференцированный подход. Если условия, относящиеся к первой группе – это данность, воспринимаемая, как она есть, то по условиям третьей и отчасти второй групп следует говорить о формировании соответствующих предпосылок поддержания стабильного развития агропромышленного комплекса. И в той мере, в какой имеет место или возможно количественное и качественное изменение исходных условий, предпосылки становятся факторами стабильного совершенствования АПК.

Мероприятия, которые обеспечивают применение системообразующих факторов и их оживление, содействуют формированию курсам стабильного развития агропромышленного комплекса.

Четко обозначенные факторы развития следует рассматривать в качестве главных элементов перехода на качественно новую ступень развития аграрного производства.

Четкое проявление и итоги воздействия факторов на те или другие пункты развития АПК обуславливаются средой, которая формирует конкретные условия внедрения практических решений по каждому из факторов в отдельности и в общем. Вместе с этим, сами факторы связаны между собой, и действие одного из них воздействует на иные [1].

Учитывая вопросы, подлежащие решению, среди базовых регулирующих факторов можно выделить: модернизацию организационно-экономического механизма; поддержание инновационного характера сельскохозяйственного совершенствования; упрочнение материально-технической основы сельского хозяйства; увеличение количества квалифицированных сотрудников АПК.

Организационно-экономический механизм является многосоставным фактором совершенствования АПК. Он состоит из ряда блоков, которые отражают разнообразные стороны хозяйствования. В этом случае следует учитывать то, что в общих макроэкономических условиях находили отражение оценка сельского хозяйства как ключевого жизнеобеспечивающего сектора, упрочнение государственного регулирования и оказание поддержки его совершенствования.

Естественно, при переходе к стабильному совершенствованию агропромышленного комплекса в настоящее время отводится инновациям. Кроме того, необходимо учитывать, что в курсах модернизации научного обеспечения АПК отражаются организационно-экономические критерии хозяйствования. Для подобного фактора имеет большое значение усиление приоритетов социального развития и макроэкономической стратегии страны, где реализуется инновационная стратегия [2].

В большей мере важно материально-техническое значение как базового фактора становления АПК. Увеличение материально-технической базы сельского хозяйства ограничивает нестабильную финансово-экономическую обстановку сельскохозяйственных фирм, недостаток участия государства в защите их интересов на рынке материально-технических ресурсов, оказание недостаточной поддержки федеральными и региональными бюджетами мер по совершенствованию материально-технического оснащения АПК, не содействует реконструкции техники, что не дает возможности применения всех возможностей для достижения эффективных итогов на производстве.

Особую значимость среди факторов становления АПК приобретает кадровое обеспечение. К основным критериям закрепления кадров и квалифи-

цированных специалистов в сельском хозяйстве относят: усовершенствование общественной обстановки в селе, модернизацию подготовки и переподготовки специалистов, становление и упрочнение положительных морально-нравственных основ социума [4].

Вместе с этим органы управления и хозяйствующие субъекты должны оказывать содействие целенаправленному регулированию факторами для поддержания становления АПК. Управление факторами развития АПК обладает многоступенчатой структурой, где учтены федеральный, региональный и местный уровни. Каждому из этих уровней соответствует свой комплекс мер по увеличению потенциала факторов и укреплению их воздействия на процессы сельскохозяйственного развития, на процессы воспроизводства.

Мощность влияния того или иного фактора вместе с первоначальным воздействием, оказываемые органами управления или хозяйствующими субъектами агропромышленного комплекса стоит в зависимости от того, насколько эффективными выступают усилия по применению положительных и ослаблению воздействия негативных для становления условий [3].

Вопреки одинаковости в отношении природы своего появления, соединенные в той или иной группе условия обладают разнонаправленным характером воздействия на факторы развития. Основополагающее место во всем комплексе внешних условий занимают условия природного характера. Организационно-экономический механизм, нововведения, материально-техническая база как факторы становления агропромышленного комплекса тем эффективнее будут работать, чем полнее в их сути будут учитываться и отражаться природные отличительные черты агропромышленного производства, а именно: поддержание сохранности и роста плодородия почвы, увеличение засухоустойчивости сельскохозяйственных культур, способы борьбы с переувлажнением почвы.

По мнению ученого М. Ш. Минасова, «хозяйственный механизм устойчивого развития АПК – это механизм, который обеспечивает синхронность взаимодействия участников производства с природой, действием биосистемы, системой рисков, в том числе природно-метеорологических. На этой основе можно сделать вывод, что повышение устойчивости земледелия – одно из направлений роста эффективности сельскохозяйственного производства и связанных с ним отраслей перерабатывающей промышленности».

Также еще одним из условий интенсивного становления АПК следует считать непосредственную взаимосвязь с макроэкономической обстановкой, стратегией. К примеру, от того, каковы первостепенные ориентиры экономического развития и какое место отводится в них продовольственной безопасности, в какой степени экономическая политика направлена на применение и внедрение инновационной стратегии, каковы в ней общественные курсы, что является приоритетным в способах и методах управления, зависит стабильное совершенствование агропромышленного комплекса региона.

На применение факторов стабильного развития существенно воздействует управленческий ресурс, который реализуется федеральными, региональными органами государственной власти. Законодательные, а следовательно, и исполнительные органы власти создают правовой фундамент, внедряют программы развития и поддержки АПК, устанавливают правила землепользования, предоставляют им налоговые и иные льготы, осуществляют контроль за

целевым использованием ими бюджетных средств и др. В данный момент разработан национальный проект, позволяющий вести речь о сосредоточении власти вокруг сельского хозяйства, о доминирующем положении сельского хозяйства, о первенстве и стратегическом приоритете РФ в перспективе, в особенности при производстве и экспорте экологически чистой продукции.

Кроме того, не менее важным считается решение проблем на муниципальном уровне. К примеру, проблемы, связанные с предоставлением льгот по местным налогам и сборам, с выделением земельных участков, четкостью исполнения нормативных актов, которые принимаются на федеральном и региональном уровнях [5].

Макроэкономическая обстановка значительно воздействует на создание и действие факторов стабильного совершенствования, а в большей степени это затрагивает организационно-экономические факторы, но зависят от нее и такие факторы, как инновация, материально-техническая база, сельскохозяйственные специалисты. В целях благоприятствования укреплению воздействия данных факторов, те или иные условия макроэкономики, при учете социального становления и роли в ней агропромышленного комплекса, можно и следует трансформировать.

В существенной степени на процессы развития агропромышленного комплекса, на составление организационно-экономических факторов влияет морально-нравственная обстановка и этические нормы социума (см. рис. 1).



Рис. 1. Обобщенная структура системы показателей, формирующей устойчивое развитие агропромышленного комплекса региона

\*Рисунок составлен по данным исследования авторов.

Естественно, потенциал увеличения роли человеческого фактора тесно сопрягается с состоянием образования, культуры, здравоохранения и др.

Уменьшение материального благосостояния сотрудников сельского хозяйства конца XX века явилось тормозом совершенствования социальной нравственности и морали. Курс на сельскохозяйственные преобразования способствовал усиленному продвижению в быт и сознание человека, чуждых подлинным человеческим ценностям норм и правил.



Более того, посредством рассмотренных групп условий устанавливается воздействие и таких не менее основных моментов, как политическое положение в государстве, географическое положение региона или хозяйствующего субъекта, национальные традиции и местные обычаи.

Следовательно, исследование проблем в агропромышленном комплексе, факторов стабильного становления сельского хозяйства и условий их проявления дает возможность установить курс перехода к стабильному сельскохозяйственному совершенствованию. В настоящее время большое внимание следует акцентировать на регулировании земельных отношений; модернизации организационных форм хозяйствования, которые обеспечивают более полное применение достоинств аграрной экономики; финансово-экономическом оздоровлении аграрных компаний; оживлению инвестиционной деятельности в агропромышленном комплексе; модернизации условий внедрения сельскохозяйственной продукции и становлению продовольственного рынка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Абалкин Л. И.* Роль государства в становлении и регулировании рыночной экономики // Вопросы экономики. 2015. № 6.
2. *Абалкин Л. И.* Экономическая стратегия для России: проблема выбора. М.: ИЭРАН, 2015.
3. *Галачиева С. В., Дыгов Х. З.* Подходы к определению устойчивого развития макрорегиона // Экономические науки. 2012. № 12 (97).
4. *Галачиева С. В., Махошева С. А.* Геоэкономические факторы устойчивого развития Северного Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий. Владикавказ: Изд. СКГМИ (ГТУ), № 2. (20). 2014.
5. *Лексин В. Н., Швецов А. Н.* Государство и регионы. Теория и практика государственного регулирования территориального развития. М.: УРСС, 2014. 368 с.



УДК 331.2

*Канд. техн. наук, доцент ХАДОНОВ А. В.,  
студент ТАГЗИЕВА Н. С.*

### **СДЕЛЬНАЯ ФОРМА ОПЛАТЫ ТРУДА. СОВРЕМЕННЫЕ УСЛОВИЯ И ОТЛИЧИЯ**

*Проблемы выплат заработной платы по сдельной форме в организациях до настоящего времени не теряют своей актуальности. Обзорная статья рассматривает современные методы выплат заработной платы на предприятиях и в организациях с целью оптимизации труда. Именно с этим связаны надежды на рыночную адаптацию среднего класса, формирующего прибыль в организациях.*

**Ключевые слова:** *деньги, труд, мотивация, оплата, себестоимость, трудовой договор.*

## PIECEWORK FORM OF REMUNERATION CURRENT CONDITIONS AND DIFFERENCES

*Problems wage payments by the piece in organization don't lose their topicality until now. Review article deals with modern methods of wage payment at factory and in organizations for the purpose of work optimization. The hopes for market adaptation of middle class developing profit in organizations are just connected with this.*

**Key words:** money, labour, motivation, payment cost price, labour-contract.

Формы и системы оплаты труда определяют размеры, способы начисления платы работникам. Существуют разнообразные формы оплаты труда, которые дают возможность зарабатывать и улучшать результаты трудовой деятельности работников при условии частной и государственной собственности.

Сдельная система предполагает начисление и производится за каждую единицу произведенной продукции или выполненный объем работ по сдельным расценкам, соответствующим разряду, тарифной ставке, установленной норме выработки (времени) и т. д. В свою очередь, оплата труда зависит от формы деятельности человека, при которой воспроизводится продукт, от качественных и количественных объемов, а также учитываются сложные условия труда при выпуске продукции.

Тарифная система оплаты труда не устанавливает и не определяет порядок расчета, а дифференцирует заработную плату работников по категориям.

Для определения сдельной расценки делят на часовую норму выработки тарифную ставку и соответствующий разряд выполняемых работ.

Взаимосвязь между зарплатой и показателями количества и качества труда, а также порядок определения заработной платы каждого работника определяются формами и системами оплаты труда.

Под оплатой труда обычно понимается выраженная в денежной форме часть стоимости созданного во время работы продукта, которая устанавливается работнику предприятием или другим работодателем [1].

Основой оплаты является денежная форма, что обусловлено ролью денег как всеобщего эквивалента в товарно-денежных отношениях между участниками рынка. Однако заработок в той или иной степени осуществляется в натурально-вещественной форме или в виде дополнительного оплачиваемого отпуска. Поэтому для оплаты труда, при отсутствии наличных денег, предприятия рассчитываются с работниками производимой продукцией, которая непосредственно потребляется ими либо продается или обменивается на другие товары. Что касается оплаты труда оплачиваемым свободным временем, то данная форма, стимулируя интенсивный и качественный труд, позволяет работнику использовать это время для учебы, отдыха или для получения дополнительного заработка.

Как социально-экономическая категория заработная плата требует рассмотрения ее роли с точки зрения и значения для работника и работодателя. Но заработная плата, по данным общественных структур исследования, в общей структуре доходов населения составляет всего лишь 44 %. Резкое паде-

ние доли заработной платы в общем доходе приводит к снижению мотивационного потенциала оплаты труда. Для работодателя заработная плата работников – это расходуемые им средства на использование привлекаемой по найму рабочей силы, что составляет одну из основных статей расхода в себестоимости производимых товаров и услуг. В данном случае работодатель заинтересован в возможном снижении удельных затрат труда на единицу продукции, хотя в то же время может оказаться целесообразным увеличить расходы на рабочую силу в целях повышения ее качества, если это позволит увеличить прибыль предприятия за счет поощрения трудовой и творческой инициативы работников. Кроме того, уровень оплаты труда оказывает существенное влияние на поведение и работника, и работодателя, возникающее в связи с регулированием отношений между ними в терминах равновесия спроса и предложения рабочей силы на рынке труда.

Различают основную и дополнительную заработную плату. В отдельных случаях под основной заработной платой принято понимать выплаты за отработанное время, за количество и качество выполненных работ по часовой, сдельно-прогрессивной оплате; доплаты в связи с отклонениями от нормальных условий работы, сверхурочные, за работу в ночное время и праздничные дни, премии, премиальные надбавки.

Дополнительная заработная плата включает выплаты за непроработанное время, предусмотренное трудовым законодательством и коллективными договорами: оплата отпусков; время выполнения государственных и общественных обязанностей; льготные часы подростков; выходное пособие при увольнении и др.

Две основные формы оплаты труда – сдельная и повременная, образуют соответствующие системы, однако в основе всех видов лежит повременная оплата. Это связано с тем, что рабочий день на предприятии совершенно условно делится на необходимое и прибавочное время. За необходимое время создаётся собственно заработная плата, за прибавочное время создаётся прибавочная стоимость. Соотношение между необходимым и прибавочным рабочим временем характеризует степень эксплуатации наёмного труда. Чтобы скрыть саму суть эксплуатации чаще используют сдельную заработную плату, тем самым подчеркивая, что работник получает за изготовленную продукцию. На сегодняшний день в мире применяется в среднем 80–85 % сдельной оплаты труда.

Сдельная форма оплаты с точки зрения справедливого распределения благ между работниками, в зависимости от личного вклада каждого сотрудника в отдельности, является наиболее приемлемой системой оплаты труда. Ее применение не только позволяет обеспечить работнику прозрачность и ясность формирования размера заработной платы, но это реальный мотивирующий фактор для повышения производительности и интенсивности труда при сохранении качества выполняемых работ. В то же время, при правильно рассчитанных сдельных расценках, эта форма оплаты труда для нанимателя является своего рода гарантом адекватности вознаграждения работника за труд в зависимости от объема выполняемых работ.

Сдельная форма оплаты труда является трудом в зависимости от его результатов, когда за каждую произведенную единицу продукции (работ, ус-

луг) надлежащего качества устанавливается определенный размер заработной платы [2].

На самом деле, при решении нанимателя о применении сдельной формы оплаты труда работников, перед работодателем встает задача – определить стандарты этих работников, которые будут являться своего рода калькулятором фактически полученной этими работниками заработной платы за фактически выполненные объемы работ, который защищен Трудовым кодексом [1, 2].

В соответствии с Трудовым кодексом Российской Федерации [3] нормы труда признаются в качестве стандартов норм времени, обслуживания, численности, нормированных заданий. Нормы труда устанавливаются для работников в соответствии с достигнутым уровнем техники, технологии, организации производства и труда, а для отдельных категорий работников – с учетом физиологических и демографических факторов.

По другим источникам сдельная форма оплаты труда определяется путем деления часовой тарифной ставки, соответствующей разряду выполняемой работы, на часовую норму выработки или путем умножения часовой тарифной ставки, соответствующей разряду выполняемой работы, на установленную норму времени в часах или днях. В то же время, в зависимости от условий, характера и особенностей осуществления работниками выполнения своих функций, порядок установления норм может быть уточнен [4].

Целесообразность применения сдельной формы оплаты труда зависит от многих факторов, которые сложились на момент принятия решения.

Сдельную систему оплаты труда на предприятии наиболее целесообразно использовать, когда имеется возможность точного учета объемов выполненных работ, есть большие заказы на производимую продукцию, а численность рабочих ограничена и при этом одно из структурных подразделений предприятия (цех, участок, рабочее место) является «слабым» местом, то есть сдерживает производство других технологически взаимосвязанных производств.

Сдельная форма оплаты не рекомендуется, если это снижает качество продукции, нарушаются научно-технические режимы, ухудшает обслуживание.

Системы сдельной формы оплаты труда, в зависимости от способа учета выработки и применяемых видов дополнительного поощрения, подразделяются на прямую сдельную, косвенно-сдельную, сдельно-премиальную, сдельно-прогрессивную и аккордную.

Прямая сдельная система оплаты труда является заработной платой рабочего, которая оплачивается по расценкам за единицу произведенной продукции. Эта система оплаты создает личную материальную заинтересованность, но слабо стимулирует достижение высоких общих показателей в работе, повышение качества и экономию ресурсов.

При прямой сдельной оплате труда заработок работника определяется по сдельной расценке за единицу продукции на объем произведенной продукции и определяются формуле:

$$Z_{\text{ед}} = P_{\text{ед}} \cdot B,$$

где  $Z_{\text{ед}}$  – сдельный заработок, руб;

$P_{\text{ед}}$  – расценка;

$B$  – количество произведенной продукции.

Сдельно-премиальная система оплаты труда выплачивается рабочим, работающим сверх норматива времени, затрачиваемого на изготовление продукции, плюс заработок по прямым сдельным расценкам и дополнительно они получают премию за определенные количественные и качественные показатели.

При сдельно-премиальной оплате труда фактический заработок работника определяется формулой:

$$Z_{\text{сд. пр.}} = Z_{\text{сд.}} \cdot (1 + P_{\text{пр}}/100),$$

где  $Z_{\text{сд. пр.}}$  – сдельный заработок при сдельно-премиальной оплате труда, руб.;

$Z_{\text{сд.}}$  – сдельный заработок по прямым сдельным расценкам, руб.;

$P_{\text{пр}}$  – процент премии за выполнение показателей премирования.

Косвенная сдельная система оплаты труда применяется для оплаты труда вспомогательных рабочих. При косвенно-сдельной системе размер заработка вспомогательного работника ставится в прямую зависимость от результатов труда рабочих-сдельщиков.

При сдельно-прогрессивной системе труд рабочего в пределах выполнения норм оплачивается по прямым сдельным расценкам, а при выработке сверх этих исходных норм – по повышенным расценкам.

Аккордная система оплаты труда устанавливает цены не на отдельные операции, а за весь объем работ, или за полный этап. Обычно при этой системе оплаты рабочие премируются за сокращение сроков выполнения заданий, что усиливает ее стимулирующую роль в росте производительности труда [5].

Таким образом, в условиях рыночных отношений заработная плата призвана выполнять не только репродуктивную и стимулирующую функции, но и регулируемую.

Вышеуказанные системы оплаты труда являются традиционными системами, используемыми в организациях в зависимости от конкретных условий производства. В свою очередь, каждая из этих систем может быть индивидуальной или коллективной в зависимости от определения заработка работника по индивидуальным или групповым показателям.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чеборюков В. В., Романенков Р. Л. Организация оплаты труда. Практическое пособие. М., 2004.
2. Пауто В. П. Организация, нормирование и оплата труда на предприятии. Учебно-практическое пособие. М., 2007.
3. Трудовой кодекс Российской Федерации. Раздел 6. Оплата и нормирование труда. С.131 Формы оплаты труда.
4. Улицкая И. М. Организация, нормирование и оплата труда на промышленном предприятии. М., 2005.
5. Генкин Б. М. Организация, нормирование и оплата труда на предприятиях транспорта. М., 2005.



*Канд. экон. наук, доцент ХЕТАГУРОВА И. Ю.,  
канд. экон. наук, доцент ХЕТАГУРОВА Т. Г.*

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНО-ДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Снижение объемов добычи руд и отсутствие средств на развитие горных работ привели к соответствующему дефициту ряда минеральных ресурсов. Естественный путь выхода из создавшегося положения – гибкое регулирование бизнес-процессов рудников и качества рудной массы.*

**Ключевые слова:** *запасы полезных ископаемых, прибыль и затраты горных предприятий, эффективность природопользования.*

*Khetagurova I. Y., Khetagurova T. G.*

### **IMPROVING BUSINESS PROCESSES SUBSURFACE MINING INDUSTRY**

*Reducing the volume of ore mining and the lack of funds for the development of mining operations have led to a corresponding deficiency of some mineral resources. The natural way out of the situation – flexible regulation of business processes and the quality of mine ore mass.*

**Key words:** *Mineral reserves, profits and costs of mining enterprises, the effectiveness of natural resource management.*

В наиболее тяжелом положении оказались рудники, поскольку капитальные затраты на их строительство и особенно на поддержание мощностей, составляют обычно больше половины всех капитальных затрат по всей технологической цепочке бизнес-процессов: добыча – обогащение – металлургический передел. Рост эксплуатационных затрат на добычу, обогащение и металлургический передел, содержание и обслуживание производственных фондов рудников, обогатительных фабрик и металлургических заводов (при огромном избытке их производственных мощностей) значительно усложняют их экономическое положение. Эксплуатационные затраты рудников составляют большую часть конечной продукции – металла. В то же время цены на добываемую рудную массу, как правило, минимальны и не покрывают текущих затрат на добычу. Хотя на последующих стадиях переработки извлекаемая ценность добываемой рудной массы существенно растет, что отражается в стоимости конечного продукта [1.С. 12].

Естественный путь выхода из создавшегося положения – гибкое регулирование бизнес-процессов рудников и качества рудной массы. Практика показала, что в свое время на многих горно-рудных предприятиях удалось резко повысить эффективность работы, благодаря вовлечению в эксплуатацию более бедных руд, при значительном увеличении производственных мощностей. Такая ситуация была на полиметаллических рудниках Алтая, где сменив технологии процессов отработки, перешли на валовую выемку с вовлечением в эксплуатацию более бедных запасов системами этажного и подэтажного обрушения, что позволило в несколько раз увеличить производственную мощность рудников.

Следует отметить, что тенденция к переходу от разработки богатых запасов к все более бедным, при непременном увеличении производственной мощности горно-добывающих предприятий, является преобладающей во всем мире [3, С. 109]. И не только из-за истощения запасов богатых руд, но и для снижения удельных затрат на добычу и переработку.

Экономическое обоснование бизнес-процессов включает этапы:

- переоценка запасов с учетом требований рынка;
  - обоснование экономичности обогащения руд с пониженным качеством;
  - снижение стоимости добычи и повышение полноты использования недр;
  - обоснование критериев оценки и создание модели оптимизации системы [2, С. 125].
- Все это свидетельствует о том, что в настоящее время крайне необходима разработка новой концепции управления бизнес-процессами и вовлечения в отработку такого количества запасов, которое обеспечит устойчивое функционирование горного предприятия в рыночной среде.

В настоящее время горная промышленность России испытывает существенные трудности как в производственной, так и хозяйственной сферах деятельности. Преобразования в горной промышленности начались в условиях ухудшения состояния минерально-сырьевой базы отрасли, высокого уровня износа основных фондов, неустойчивого финансового состояния предприятий и всеобщего товарного дефицита. Переход отрасли к рыночной экономике происходил без помощи и поддержки государства. К тому же начавшиеся инфляционные процессы подорвали и без того хрупкое финансовое положение большинства предприятий отрасли, лишив их оборотных средств и накоплений. Особенно это касается планово-убыточных предприятий, которые в рыночных условиях бездотационных вливаний существовать не могут.

В условиях рынка на деятельность предприятий оказывает влияние ряд факторов: сырьевой, топливно-энергетический, транспортный, потребительский спрос, экологический, социальный и др. Степень их воздействия на хозяйственную деятельность предприятий проявляется по-разному. Отсутствие практического опыта работы в новой ситуации создало сложности в выборе приоритетных направлений деятельности горных предприятий, которые не смогли быстро переориентироваться и перестроить производство на эти цели. В мировой практике практически все они являются дотационными. В России же из-за общего спада производства осуществлять дотации оказалось некому. Государство переложило это бремя на субъекты Федерации, что было им не под силу. В результате многие горные предприятия остановились, а металлургические предпочли покупать сырье за рубежом или работать на давальческом сырье.

Экономический механизм устойчивого функционирования горного производства в условиях рынка включает в себя оптимизацию прироста вовлекаемых в отработку запасов полезных ископаемых при заданных показателях извлечения и издержках производства, оценку результатов организационно-технических решений с учетом окупаемости инвестиций, циклическую отработку запасов путем маневрирования содержанием полезных компонентов в рудопотоке. Выделенные факторы позволят применить принципиальные подходы решения различных ситуационных проблем, оценить состояние конкретного экономического объекта с целью повышения устойчивости его работы.

Таблица 1

## Основные показатели работы организаций добывающих производств\*

Показатель	Добыча полезных ископаемых			Изменение по отношению к 2012 г.	
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	абсолютное	относительное
Число действующих организаций	302	314	320	18	105,9
Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по РФ, млрд руб., в т.ч.	213667,8	209238,3	206133,9	-7533,9	96,4
- СКФО	16,9	19,2	20,3	3,4	120,1
- РСО-Алания	0,32	0,36	0,43	0,11	134,4
Среднегодовая численность работников организаций, тыс. человек	254,4	257,2	245,9	-8,5	96,6
Сальдированный финансовый результат (прибыль минус убыток), млрд руб.	174627,0	144305,5	110841,6	-63785,4	63,5
Рентабельность проданных товаров, продукции (работ, услуг), %	21,6	17,2	18,1	-9,3	70,4
Затраты на 1 рубль продукции (работ, услуг) по РФ, коп., в т.ч.	74,2	77,2	80,0	5,8	107,8
- СКФО	70,1	95,1	97,4	27,3	138,9
- РСО-Алания	78,7	81,9	75,0	-3,7	95,2

\*Составлено по данным Федеральной службы государственной статистики РФ [www.gks.ru](http://www.gks.ru)

Достижение поставленных задач осуществляется на основе планирования бизнес-процессов горного предприятия. Управление производством имеет дискретный характер. Это обуславливает выделение в системе управления отдельных этапов и уровней, отличающихся содержанием задач, периодичностью их решения, целями и перечнем управляемых объектов. Этапы управления горно-обогатительным или горно-металлургическим комбинатом соответствуют следующей схеме:

- прогнозирование;
- перспективное планирование;
- текущее планирование;
- оперативное управление.

Выбор глобальной цели предприятия, которая адекватна миссии организации, осуществляется на этапах прогнозирования и перспективного плани-



рования. Рассматривая в качестве глобальной цели горно-добывающего комбината комплексное освоение месторождения полезных ископаемых, прибегают к сравнительной оценке его возможностей по освоению минерально-сырьевой базы и переработке сырья и определению технически допустимых вариантов производственной структуры с затратами на основные виды ресурсов. Формирование вариантов освоения месторождения и развитие производственной структуры осуществляется на основании перспективных горно-технических возможностей рудников, синтеза оптимальных структур технологических схем бизнес-процессов переработки и выбора возможных направлений природоохранной деятельности. Для решения этих задач применяются модели по перспективному планированию рационального использования сырья, основным результатом которых являются: установление закономерностей влияния технологических параметров бизнес-процессов, характерных для каждого из передела, на перечень и значения количественных и качественных характеристик материальных потоков, а также основные технико-экономические показатели использования ресурсов.

**Вывод.** При решении возникающих на руднике задач управления бизнес-процессами обычно приходится сталкиваться с необходимостью рассмотрения нескольких вариантов достижения цели. Оптимизация бизнес-процессов заключается в выборе по принятому критерию такого сочетания вариантов производственной программы по отдельным участкам рудных тел, которые обеспечат выполнение требований дальнейшего передела по количеству и качеству добываемых руд на плановый период в рамках имеющихся производственных возможностей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Голик В. И., Шелкунова Т. Г., Хетагурова Т. Г., Чельдиева З. К. Особенности развития экономической системы депрессивного типа на предприятиях горной промышленности // Научный вестник Южного института менеджмента. 2013. № 4. С. 10–20.

2. Хетагурова Т. Г. Критерии эффективности использования природных ресурсов // Международная научно-практическая конференция «Экономика и управление в современных условиях». 26 дек. 2014 г. Красноярск, 2014.

3. Шелкунова Т. Г., Камбердиева С. С. Особенности оценки влияния системы факторов при реализации инвестиционных проектов в горнодобывающей промышленности // Устойчивое развитие горных территорий. 2013. № 1. С. 106–113.



УДК 66.074+504.056

*Инж.-исследователь, ассистент АТАЕВА А. Ю.,  
д-р техн. наук, профессор СВЕРДЛИК Г. И.,  
инж.-исследователь ДРЕЕВ З. М.*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПЫЛИ И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ**

*В статье рассмотрены существующие проблемы экологической ситуации в РСО-Алания и определен круг предприятий, существенно ухудшающих экологическую обстановку в республике.*

*Проанализированы методы улавливания мелких частиц при очистке воздушно-пылевых смесей.*

*Обосновано использование барботажного метода улавливания коллоидной пыли и наночастиц. Показана перспективность применения мокрого способа для улавливания мелких частиц (включая нано) пылевых и газовых выбросов предприятий горно-металлургического комплекса с использованием струйного барботера запатентованной конструкции.*

*Применение разрабатываемой установки барботера в системе пылеочистки позволит реализовать защиту окружающей предприятия экосистемы, сократить потери ценной продукции.*

**Ключевые слова:** *экосистема, характеристики пыли, мокрое пылеулавливание, наночастицы, барботаж.*

*Ataeva A. Y., Sverdlik G.I., Dreev Z. M.*

### **RESEARCH OF DUST CHARACTERISTICS AND ANALYSIS METHODS OF DUST COLLECTION**

*This article contains the current problems of the environmental situation in the Republic of North Ossetia-Alania, and determined companies which significantly worsen the ecological situation of the country.*

*The methods of trapping small particles in the purification of air-dust mixture is analyzed.*

*The bubble method trapping of colloidal dust and nanoparticles is Reasonably to use Revealed the prospect of wet process for trapping small particles (include nanoparticles) of dust and gas emissions of mining and metallurgical companies that use patented inkjet bubbler.*

*Using development device of bubblers in dust cleaning system allows to help protect companies ecosystem, reduce the loss of high value products*

**Key words:** *ecosystem, the characteristics of dust, wet dust removal, the nanoparticles, bubbling.*

Главнейшим вопросом для развития любого региона является защита окружающей среды от выбросов в атмосферу частичек пыли, содержащихся в отходящих газах промышленных предприятий различных производств. В Северной Осетии остро стоит вопрос о загрязнении окружающей экосистемы предприятиями металлургической, строительной и других отраслей промышленности. Таких предприятий во Владикавказе немало: это «Электроцинк», «Победит», асфальтовые заводы, спиртопроизводящие предприятия и др.

Завод «Электроцинк» – стоит первым в ряду загрязнителей воздуха в РСО-Алания. По данным экологов, загрязнения превышают по некоторым показателям ПДК почти в 200 раз [1]. Также и асфальтовые и асфальтобетонные заводы в процессе работы осуществляют значительное количество выбросов отходящих газов, загрязняя воздушный бассейн [2]. А так как скорость ветров сдерживается горами Большого Кавказа, то загрязненные воздушные массы остаются над городом, и твердые частицы с осадками падают на землю.

Все стадии технологических процессов производства цветных и редких металлов сопровождаются образованием пыли, уносимой вентиляционными газами. В эти же газы в виде примесей переходят окислы серы (сернистый и серный ангидрид), хлористый водород, хлор, фтор и некоторые другие составляющие перерабатываемого сырья.

Образующаяся пыль или переход металлов в пыль (а это практически все извлекаемые цветные и редкие металлы – цинк, свинец, кадмий, индий) уносится с газами, и ее недостаточно эффективное улавливание приводит к большим экономическим потерям. Т. о. в пыль переходит значительная часть сопутствующих компонентов сырья (кадмий, германий, таллий, селен и др. металлы с повышенной летучестью). Поэтому пыль представляет собой очень ценное сырье для их извлечения. А если улавливать наночастицы пыли, несущие в себе большой потенциал, возможна разработка новых технологий в сфере защиты окружающей среды.

Пыль состоит из мельчайших твердых частиц, витающих в воздухе или промышленных газах. Особенно распространена та, которая поднимается на дорогах, с ней труднее всего бороться, но она наименее вредна. Постоянно, а во многих случаях круглосуточно, работают заводы, фабрики, шахты, где идет дробление, помол, истирание, бурение, сжигают, обжигают, плавят, сушат, возгоняют, и в результате в воздухе появляются вредные туманы, пыль, дымы.

По происхождению пыль делится на органическую, неорганическую и смешанную. Органическая пыль в свою очередь состоит из растительного (древесная, хлопковая, мучная, табачная, чайная и т. д.) и животного (шерстяная, костяная и др.) материалов. Неорганическая бывает – минеральная (кварцевая, цементная и т. д.) и металлическая (стальная, чугунная, медная и т. д.). Большая часть производственной пыли – смешанного происхождения, т. к. содержит минеральную и металлическую пыль, которая образуется при точке и шлифовке металлических изделий, при очистке литья. К ней относят также каменноугольную пыль, содержащую частицы угля, кварца и силикатов, а также пыли, образующиеся в химических и других производствах [3].

Для эффективного пылеулавливания очень важно знать размеры частиц промышленной пыли. Пыль классифицируется по размерам частиц – фрак-

циям, которые измеряются в микрометрах. Степень измельчения частиц пыли называется дисперсностью. Отсюда и специальные термины: дисперсионная среда – газы или воздух, дисперсная фаза – взвешенные частицы, вся система – аэродисперсная, или аэрозоли.

Всем известный туман это не что иное, как аэрозоль из мельчайших частиц жидкости; дым состоит из мельчайших твердых частиц. Пыль же – это грубодисперсная аэрозоль. Ее можно разделить на группы: грубая пыль – это частицы радиусом более 10 мкм, микроскопическая пыль – радиусом 1–10 мкм и ультрамикроскопическая пыль – радиусом менее 1 мкм.

Частицы, составляющие пыль, тем вредней, чем больше ее дисперсность. При этом увеличивается суммарная поверхность раздробленного вещества, и оно куда активней вступает в химические реакции, у него становится больше объемных электрических зарядов, идет повышенное поглощение газов. При этом некоторые виды пыли (такие, как угольная, древесная, мучная, крахмальная, сахарная, сульфидная, алюминиевая и др.) способны к самовозгоранию и даже взрыву. Степень взрывоопасности пыли также зависит от ее концентрации и дисперсности. С увеличением дисперсности повышается скорость ее реакции с кислородом.

Дисперсность пыли обуславливает длительность пребывания частиц в воздухе, физико-химическую активность, а также возможность проникновения, отложения и накопления пыли в органах дыхания. Специальные расчеты показывают, что сферические частицы размером свыше 100–200 мкм, оседают со скоростью от 1 до 100–200 мкм (с постоянной скоростью по закону Стокса), а частицы, размером менее 0,1 мкм, находятся в броуновском движении [4].

В пылеулавливании принято характеризовать размеры частиц величиной, определяющей скорость ее осаждения. Такой величиной служит ее седиментационный диаметр – диаметр шара, скорость осаждения и плотность которого равны скорости осаждения и плотности частиц неправильной формы. При определенных значениях удельного веса, размера и формы частицы сила трения может уравновесить силу тяжести и падение ее будет продолжаться с постоянной скоростью по закону Стокса. Пылевые частицы различной формы при одной и той же массе оседают с разной скоростью. Количество этого процесса описывается уравнением Стокса:

$$V_{сед} = \frac{(\rho_ч - \rho_ж)g}{18\eta} d_ч^2, \quad (1)$$

где  $\rho_ч$  – плотность материала частиц,  
 $\rho_ж$  – плотность жидкости,  
 $g$  – ускорение свободного падения,  
 $\eta$  – динамическая вязкость жидкости,  
 $d_ч$  – диаметр частиц.

Чем ближе форма частиц к сферической, тем быстрее они оседают. Пыли в основном не монофракционные, т. е. с одинаковыми размерами частиц. Седиментационной скоростью частицы называется скорость осаждения, которую приобретает частица в спокойной среде под влиянием силы тяжести. Эта

скорость зависит от размера частицы, ее формы и плотности, а также от плотности и вязкости среды.

Взвешенные частицы пыли значительно отличаются от родственного вещества в нераздробленном состоянии, и соответственно меняются их взаимоотношения с окружающей средой.

Важным свойством, влияющим на улавливание пыли, является ее плотность, так как от этого зависит эффективность ее осаждения, слипаемость. Чем мельче пыль, тем выше ее слипаемость. Гигроскопичность и смачиваемость способствуют лучшему улавливанию пыли в мокрых пылеуловителях. Все виды пыли имеют разную смачиваемость, гладкие частицы смачиваются лучше, чем частицы с неровной поверхностью.

Пыль различается по удельному весу, форме, электростатической зарядности, воспламеняемости, способности поглощать, или адсорбировать разные вещества и по другим физико-химическим свойствам.

Для определения состава пыли и содержания ее в воздухе или газах необходим химический анализ.

Хорошо организованное пылеулавливание очень важно для комплексного и полного использования всех ценных компонентов перерабатываемого сырья.

Для очистки атмосферного воздуха используется большое разнообразие конструкций – это сухие и мокрые тканевые рукавные фильтры, электрические, губчатые, пористые, волокнистые, масляные, жалюзийные, мокрые пылеуловители, инерционные пылеуловители, пылеосадочные камеры, циклоны. При подборе пылеуловителей учитывают их надежность, удобство эксплуатации, обеспечение остаточной концентрации в выбросах с наименьшими затратами, свойства и количество пыли [5].

Принцип мокрого пылеулавливания основан на контакте запыленного газового потока с жидкостью, которая захватывает взвешенные частицы и уносит их из аппарата в виде шлама. Метод мокрой очистки газов от пыли считается достаточно простым и в то же время весьма эффективным способом обеспыливания.

Преимуществами мокрых пылеуловителей в отличие от других аппаратов являются: меньшая стоимость и высокая эффективность улавливания взвешенных частиц. Большинство мокрых пылеуловителей улавливают мельчайшие частицы размером до 0,1 мкм.

Мокрые пылеуловители по многим показателям и по эффективности не уступают электрофильтрам и рукавным фильтрам, а по возможности очистки газов с повышенной влажностью и высокой температурой их превосходят.

Несмотря на недостатки (уловленная пыль выделяется в виде шлама), все перечисленные преимущества мокрых пылеуловителей позволяют применять их в системах пылеочистки.

Для повышения эффективности процесса пылеулавливания на кафедре «Технологические машины и оборудование» в Северо-Кавказском горно-металлургическом институте (государственном технологическом университете) была сконструирована распределительная тарелка барботажного аппарата [6], на которую получен патент РФ [7]. Использовать эту конструкцию можно для улавливания вредных компонентов газов металлургических,

химических и других производств и тонкодисперсной пыли, включая наночастицы.

При барботаже оседание частичек пыли на поверхности пузырька создается появлением газовой циркуляции внутри пузырьков и осуществляется под действием инерции, гравитации и диффузии [8]. В барботажных пылеуловителях происходит инерционное осаждение пыли, которое зависит от траектории движения пузырьков, что подтверждается патентом [9]. Влияние силы инерции  $F_u$  на седиментацию частицы пыли на поверхность пузырька газа может быть показано гидродинамическим критерием Фруда.

При вращательном движении пузырьков в барботере на них будет действовать центробежная сила переносного движения:

$$F_{ц.е} = m\omega^2 r_2^2, \quad (2)$$

где  $m$  – масса частицы,

$\omega$  – угловая скорость,

$r$  – наружный радиус ротора.

Сила инерции Кориолиса:

$$F_k = 2m\omega v_r, \quad (3)$$

где  $v_r$  – скорость движения пузырька вдоль лопасти, тогда критерий Фруда примет вид:

$$F_r = \frac{F_u}{G} = \frac{\omega \cdot \sqrt{\omega^2 r_2^2 + 4v_r^2}}{g}, \quad (4)$$

где  $G$  – сила тяжести, действующая на частицу.

Основным показателем, характеризующим работу аппаратов очистки воздуха от пыли в тех или иных конкретных случаях их применения, является коэффициент (степень) очистки (эффективность обеспыливания), %:

$$\varepsilon = \frac{M_{ул}}{M_{ex}} \cdot 100 = \frac{M_{ex} - M_{вых}}{M_{ex}} \cdot 100 = \frac{M_{ул}}{M_{ул} + M_{вых}} \cdot 100, \quad (5)$$

где  $M_{ex}$ ,  $M_{ул}$  и  $M_{вых}$  – массы частиц пыли, содержащихся в газах на входе в аппарат (до очистки), уловленных в аппарате и на выходе из аппарата после очистки [5].

Работа выполнялась с привлечением аппаратуры Центра коллективного пользования научным оборудованием ЦКП СКГМИ (ГТУ). В ЦКП для исследования процессов барботажа и пылеулавливания создана экспериментальная установка, представляющая собой фрагмент распределительной тарелки промышленного барботера. На установке выполняются исследования для получения данных, необходимых для проектирования промышленных аппаратов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://bellona.ru/2012/05/14/elektrotsink-proizvodstvo-tsvetnyh/>
2. *Выскребенец А. С., Свердлик Г. И., Амбалов В. Б., Кургуев А. Т., Камболова А. Ю.* Меры по снижению пылегазовых выбросов при производстве асфальта // Труды Северо-Кавказского государственного технологического университета. Вып. восьмой. Владикавказ. 2001, С. 347–348.
3. <http://www.soullife.info/tekhnicheskie-osnovy-okhrany-okruzhayushchej-sredy/79-ponjatija-o-pyli-i-drugih-vidah-ajerozolej.html>
4. *Темам Р.* Уравнение Навье–Стокса. Теория и численный анализ. 2 изд. М.: Мир, 1981. 408 с.
5. *Ветошкин А. Г.* Процессы и аппараты пылеочистки: Учебное пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. 210 с.
6. *Свердлик Г. И., Выскребенец А. С., Атаева А. Ю.* Разработка конструкции струйного барботера // Сборник научных трудов СОО АНВШ РФ. 2013. № 11. С. 30–32.
7. Распределительная тарелка массообменного аппарата для мокрой очистки газа: Патент РФ № 2303479 / Свердлик Г. И., Выскребенец А. С., Атаева А. Ю. БИ № 21, 2007.
8. *Ужов В. Н., Вальдберг А. Ю.* Очистка газов мокрыми фильтрами. М.: Химия, 1972. 248 с.
9. Ротационный барботер: Патент РФ № 2045999 /Свердлик Г. И.; Дзауров М. А.; Выскребенец А. С. 1995.



УДК 504.633.11:631.862

*Д-р с.-х. наук, профессор ОСИКИНА Р.В.,  
аспирант ДЗЕБОЕВА Ф. М.*

### **ЭКОТОКСИКАНТЫ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ, ПОСТУПАЮЩИХ НА РЫНКИ г. ВЛАДИКАВКАЗА**

*В статье представлен анализ качества основных продуктов питания, реализуемых на рынках г. Владикавказа, по приоритетным загрязнителям территории республики свинцом, кадмием, цинком (Pb, Cd, Zn). Дана краткая характеристика каждого экотоксиканта, вызывающего различного рода токсикологические эффекты, нарушения метаболизма и их воздействие на организм человека.*

**Ключевые слова:** *экоотоксиканты, токсичность, предельно допустимая концентрация, опасные элементы.*

## ECOTOXICANTS IN FOOD PRODUCTS ENTERING THE MARKET IN VLADIKAVKAZ

*The article presents an analysis of the quality of basic food products sold in the market of Vladikavkaz on priority pollutants in the republic –Pb, Cd, Zn. A brief description of each toxicants causing various types of toxicological effects of metabolic disorders and their effects on the human body.*

**Key words:** *ecotoxicants, oxicity, prevent the concentration limit, dangerous elements*

Продукты питания, потребляемые человеком ежедневно, должны быть не только полезными с точки зрения питательности, но и безопасными с точки зрения их биохимического состава. Человек с пищевыми продуктами постоянно потребляет тот и или набор содержащихся в них химических элементов. Часть их является естественной структурной составляющей какого-либо продукта, другая – привнесена извне, чаще всего как антропогенное загрязнение из окружающей среды [1–5].

В зависимости от влияния на организм человека химические элементы могут быть необходимыми, жизненно важными (эссенциальными), индифферентными и опасными. Необходимые элементы по количественному содержанию в организме разделяют на макро- (Ca, K, Mg) и микроэлементы (Fe, Zn, Se, Mn, Cu, Co, Mo, Cr, Si, Ni, Sn). Они входят в состав функциональных белков, костей, зубов, в виде растворимых солей участвуют в регулировании состава биологических жидкостей и клеток организма.

К группе достаточно распространенных и потенциально опасных для человека элементов относят Cu, Cd, Hg, Pb, Sn, Sb, Cr, Co, Mo, Mn, Ni и V. [2; 3; 5; 7; 8].

В соответствии с задачами наших исследований мы остановимся на группе тех металлов, которые являются наиболее приоритетными для нашего региона и которые, попадая с пищевыми продуктами в организм человека, могут быть опасными для его здоровья.

Таковыми элементами для территории Северной Осетии и г. Владикавказа являются токсиканты: Pb, Cd и Zn, вследствие их добычи на горно-рудных и переработки на местных предприятиях.

По данным Фиппса Д. А. [6], под токсичными подразумеваются такие металлы, которые не являются ни жизненно необходимыми, ни благотворными, но даже в самых малых дозах приводят к нарушению нормальных метаболических функций. Возникающие вследствие этого необратимые изменения динамического равновесия биологических систем приводят к развитию патологии и даже к смерти.

Как отмечают многие исследователи [7], повреждающее действие экотоксиканта проявляется на различных структурных уровнях организма, определяя механизм токсического действия. На молекулярном уровне при этом происходят процессы ингибирования ферментов, необратимые конформационные изменения макромолекул и белков, нуклеиновых кислот и, как следствие, изменение скорости процессов метаболизма и синтеза, возникновение мутаций.

На клеточном уровне такие изменения вызывают дефицит жизненно важных метаболитов, нарушают структуру и проницаемость клеточных мем-



бран. Это приводит к дисфункции органов, а в ряде случаев – к появлению новообразований.

На уровне организма изменение функционирования органов проявляется у всех млекопитающих и человека признаками отравления неорганическими веществами: замедлением роста и развития, ослаблением репродуктивной функции, увеличением смертности потомства, аномальными изменениями физиологических параметров, хроническими болезнями, онкологическими заболеваниями, преждевременной смертью.

Токсические проявления при воздействии химических токсикантов в первую очередь зависят от его количества или дозы. Так, минимально действующая или пороговая доза – это то наименьшее количество токсиканта, которое при однократном (остром) или многократном (хроническом) воздействии вызывает явные, но обратимые изменения в организме. Больше количество – это уже минимальная токсическая доза, вызывающая выраженное отравление с комплексом патологических сдвигов в организме, но без тяжелых последствий. Чем токсичнее вещество, тем ближе эти две величины.

Опасность химического вещества характеризует величина ПДК – предельно допустимая концентрация токсиканта.

Со временем человек все в большей степени ощущает последствия ущерба, наносимого им окружающей среде. Химические токсиканты (в том числе тяжелые металлы), загрязняя воду, почву, в конечном итоге оказываются на столе у потребителя в виде опасных для здоровья ингредиентов пищевых продуктов.

Учеными доказано, что при поступлении в организм с пищевыми продуктами определенных концентраций некоторых микроэлементов, которые могут вызвать острую или хроническую интоксикацию, начинают действовать механизмы регулирования, включающиеся при воздействии даже одного токсиканта. Процессы регулирования зависят не только от физических и химических свойств минеральных веществ, их синергизма или антагонизма между собой или с другими веществами при взаимодействии в организме, но и от индивидуальных физических и физиологических характеристик организма человека, а также его привычек, касающихся потребления пищевых продуктов и напитков.

Приведем кратко некоторые данные о влиянии на организм наиболее распространенных на территории РСО-Алании и г. Владикавказа токсикантов, которые необходимо в гигиеническом отношении контролировать в пищевых продуктах и пищевом сырье: свинец, кадмий, цинк.

Некоторые ученые (Ю. Рейли, 1985 г. и другие) считают, что свинец является нормальным ингредиентом нашего питания, так как естественное присутствие его в почве и воде приводит к наличию практически во всех продуктах. Количество свинца и его соединений, определяемое в пищевых продуктах, зависит от места их происхождения и способа приготовления [2, 3, 15, 16].

Значительное, зачастую превышающее естественный фон, содержание свинца в пищевых продуктах обусловлено его антропогенным происхождением, а это уже опасно, так как свинец не относится к жизненно необходимым элементам, а представляет собой типичный токсикант.

Токсическое действие свинца при поступлении в организм человека связано с блокированием ферментных систем путем взаимодействия с реакци-

онно способными функциональными группами белковых молекул, с последующим нарушением процессов биосинтеза таких важных соединений, как гемоглобин, нуклеиновые кислоты, протеины, гормоны. Это в свою очередь отражается на функциях желудочно-кишечного тракта, нервной системы, терморегуляции, кровообращения, иммунной системы.

Не менее опасны кумулятивные свойства свинца и его соединений, концентрируемые (до 95 % от поглощенного) в костях, и создающие при постепенном переходе в кровь явление хронической интоксикации.

Особенно опасны токсичные и кумулятивные свойства свинца для детей, обладающих большей чувствительностью развивающихся органов к токсикантам, и для пожилых людей, у которых замедлены выделительные функции кишечника, поскольку выделение свинца из организма происходит главным образом (до 90 % поступившего) через кишечник и в меньшей степени с мочой, желчью, потом, слюной.

Основные симптомы свинцовой интоксикации у детей наблюдаются со стороны центральной нервной системы, у взрослых – печени и почек.

Недостаток в рационе Ca, P, Fe, Zn повышает токсичность свинца. Один из ранних признаков хронического отравления свинцом – повышение его содержания в крови, так как свинец, поступивший в организм человека через легкие и пищеварительный тракт, через несколько минут обнаруживается в плазме крови, переходит в эритроциты, а затем в органы и ткани. Обмен свинца в крови и быстрообновляемых мягких тканях происходит около 20 дней, в других тканях и быстрообновляемых фракциях костей – 21 день, в скелете на протяжении 20 лет.

Ежедневное поступление 2,0 мг свинца в организм может привести к развитию интоксикации через несколько месяцев, а 10,0 мг – через несколько недель. Нормальное содержание свинца в продуктах, по данным ряда исследователей, составляет 0,1–1,0 мг/кг.

В результате наших исследований было установлено превышение ПДК по свинцу в следующих продуктах, поступающих на рынки г. Владикавказа:

овоцах – 16 мг/кг сухого вещества (превышение ПДК в 2 раза),

фруктах – 12 мг/кг сухого вещества (превышение ПДК в 1,5 раза),

говядине – 5 мг/кг (превышение ПДК в 2 раза).

По целому ряду показателей кадмий (Cd) является наиболее опасным загрязнителем пищевых продуктов [2, 3, 6]. Естественное содержание кадмия в наиболее важных продуктах питания (овощи, молоко и молочные продукты, мясо и мясные продукты) невелико и находится в пределах 0,001–1,5 мг/кг (исключение составляют почки животных – до 40 мг/кг), однако за счет антропогенного загрязнения от различных промышленных источников (добыча и переработка полиметаллических руд, производство реактивов, эмалей, полупроводников и т. д.) оно может быть значительно выше.

Учеными доказано, что распределение в организме поступающего с пищевыми продуктами кадмия зависит от его формы. Неорганический кадмий аккумулируется прежде всего в печени, и в меньшей степени в других органах. В виде тиольного комплекса кадмий легче поглощается почками. Некоторое количество кадмия циркулирует в крови, взаимодействуя с низкомолекулярным белком.

Однако основная часть общего кадмия при длительном поглощении все же аккумулируется корковым слоем почки накапливаясь годами, приводит к их повреждению. Установлено, что нарушение в работе почек наступает при концентрации кадмия в корковом слое почек около 200 мг/кг.

При этом нормальной считается концентрация, равная 30 мг/кг, превышение которой, по мнению ФАО/ВОЗ, недопустимо.

Механизм токсического действия кадмия связывают с его взаимодействием с карбоксильными, аминными и сульфгидрильными группами. Установлено, что менее растворимые соединения кадмия действуют на дыхательные пути и желудочно-кишечный тракт, более растворимые, после всасывания в кровь, поражают центральную нервную систему, вызывают анемию, нарушают белковый, витаминный, фосфорно-кальциевый обмен, происходящий в почках. При постоянном воздействии высоких концентраций кадмия отмечено появление нейрпатологических симптомов, дисфункции коры головного мозга и респираторных заболеваний.

Воздействие малых доз кадмия менее изучено, но именно с ним связывают генетические изменения в организме и возникновение злокачественных новообразований. Известно также, что при повреждении почек вследствие отравления кадмием могут возникать вторичные проявления, которые заключаются в нарушении минерального состава костей. Биологический период полураспада кадмия колеблется от 40 дней в крови до 20 лет и более в почках и печени.

Нами установлено превышение содержания кадмия в овощах и фруктах от 1,2 до 1,5 раз, в молоке и молочных продуктах от 0,5 до 1,3 раза.

Пищевые продукты содержат цинк (Zn) в количестве от ультраследовых до 20 мг/кг, обычно естественного происхождения.

С точки зрения физиологии, цинк – элемент, необходимый для жизнедеятельности человека и животных. Он входит в состав многих ферментов и участвует в ряде важнейших биологических и ферментативных процессов.

Всасывание цинка, поступившего в организм с пищевыми продуктами, проходит на 20–30 % в зависимости от уже имеющегося содержания. На понижение поглощения влияют такие компоненты пищи, как кальций и пищевые волокна. При поступлении в организм цинк быстро накапливается в печени, поджелудочной железе, селезенке, почках. В плазме крови концентрация цинка может достигать 1 мг/л, выводится из организма через желудочно-кишечный тракт.

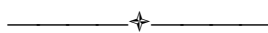
Установлено, что доза цинка, вызывающая тошноту – от 225 до 450 мг, что в пересчете на сульфат цинка составляет около 1–2 г.

Нами установлено следующее содержание цинка в пищевых продуктах, реализуемых на рынках г. Владикавказа:

молоко	– 7 мг/кг,
масло сливочное	– 11 мг/кг,
картофель	– 15 мг/кг,
морковь	– 9 мг/кг,
яблоки, груши	– 5 мг/кг,
сыр	– 23 мг/кг,
рыба	– 19 мг/кг,
яйца	– 25 мг/кг,
говядина	– 85 мг/кг,
ливер	– до 100 мг/кг.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Комаров В. И.* Проблемы безопасности пищевых продуктов// Пищевая промышленность. 1996. № 2 С. 26–27.
2. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов: пер. с англ./Под ред. Х. Зигель. М.: Мир, 1993. 366 с.
3. *Рейли К.* Металлические загрязнения пищевых продуктов. М.: Агропромиздат, 1995. 183 с.
4. *Кузубова Л. И.* Токсиканты в пищевых продуктах: Аналитический обзор. Новосибирск. 1999. 127 с.
5. *Сталтс В. Дж.* Опасности пищевых веществ. Безвредность пищевых продуктов. М.: Агропромиздат, 1996. С. 66–134.
6. *Phipps D. A.* Metal and Metabolism. Oxford: Clarendou press, 1976. 134 p.
7. *Ершов Ю.А., Плетнева Т.В.* Механизмы токсикологического действия неорганических соединений. М.: Медицина, 1999. 272 с.
8. *Осикина Р. В.* Пути повышения качества продукции скотоводства в зонах техногенного загрязнения: дис. д-ра с.-х. наук. М.: 2000. 309 с.



УДК 644:574

*Д-р с.-х. наук, профессор ОСИКИНА Р. В.*

### **БИОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ВЕДЕНИЮ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

*Перспективы развития сельскохозяйственного производства неразрывно связаны с качеством окружающей среды, и поэтому его оптимизацию необходимо проводить на биодинамических принципах: начиная с экологизации почвы и создания оптимальных условий для роста, развития и жизнедеятельности почвенной биоты и заканчивая переработкой и рациональным использованием растительных остатков и отходов производства.*

*Данная статья посвящена проблеме повышения плодородия почвы с использованием ее природного потенциала.*

**Ключевые слова:** *экологизация, плодородие почвы, биодинамическое развитие.*

Концепция интенсификации сельскохозяйственного производства, практическая ее реализация слабо учитывают комплекс экологических проблем, возникших в современном земледелии.

Возрастание антропогенных нагрузок вызвало снижение плодородия почв. В целом по стране за последние 15 лет содержание гумуса в них уменьшалось на 0,5 % и более.

Мировой и отечественный опыт ведения сельского хозяйства свидетельствуют, что на повышение плодородия почв положительно влияют удобрения

ния, особенно органические. Исследованиями ученых [1–3], доказано, что уменьшение содержания гумуса на 1 % ниже оптимального снижает урожайность зерновых культур от 5 до 10 ц/га.

На долю органических удобрений в общем балансе питательных веществ в земледелии в стране приходится до 40 %. Однако работа по восполнению органического вещества в почве в последние годы проводится не комплексно и в недостаточном объеме. Не используют для пополнения органического вещества в почве солому, пожнивные остатки, сидераты и др., а существующая технология хранения навоза не обеспечивает очищение от семян сорняков.

Как показывают исследования, эффективность органических удобрений (в частности навоза) снижается до 15 % за счет необоснованного увеличения расхода воды на животноводческих предприятиях, особенно в крупных комплексах, что уменьшает в навозе в 1,5–2 раза количество питательных веществ и почти в 2 раза органического вещества; до 10 % снижается окупаемость органических удобрений за счет внесения их в ранний весенний период; до 8 % – за счет несвоевременной заделки в почву, до 30 % – за счет отсутствия навозохранилищ, до 20 % – за счет отсутствия техники для внесения.

Одним из важных факторов снижения плодородия почвы является техногенная нагрузка на территорию, которая способствует усилению загрязнения сельскохозяйственных угодий, водных ресурсов, лесов и приводит их к деградации.

Причиной возникновения экологических проблем являются также бесхозяйственное и безответственное отношение к работе с удобрениями, нарушение технологии их применения. Все удобрения, особенно химические, необходимо применять строго в соответствии с научно обоснованной технологией, с учетом возможностей материально-технической базы и высокой профессиональной подготовки специалистов.

В связи с этим особое значение приобретают методы ведения земледелия на биолого-экологических принципах: введение севооборотов с обязательным включением бобовых трав и сидератов, научно обоснованное применение минеральных удобрений, средств защиты растений, внедрение новых технологий и способов внесения удобрений и за счет их рационального использования – создание бездефицитного баланса гумуса, использование комбинированной системы обработки почвы и др.

Такой биодинамический подход к ведению сельскохозяйственного производства стремится к рациональному и объективному снижению взаимодействия биологических факторов и к действиям, усиливающим, а не ослабляющим созидательные силы природы.

Первым и основным принципом биодинамического земледелия следует считать сознательную направленность действий земледельца на наилучшее и наиболее полное использование сил природы.

Вторым – признание того, что биодинамическое хозяйство может успешно функционировать только в здоровой окружающей среде.

Третьим – биодинамическое хозяйство должно сочетать растениеводство и животноводство как две составные единого природного целого.

Необходимым условием биодинамического развития является максимальное использование солнечной, атмосферной и космической энергии, прежде всего в виде фотосинтеза. При правильном ведении биодинамического хозяйства потребление энергии на производство продукции сокращается на 60 % (М. Торин, 1987).

Важным фактором повышения плодородия почвы является максимальное обогащение ее органическим веществом и увеличение видов и численности почвенных организмов.

Почвенный покров является одним из важнейших природных ресурсов, главным источником получения продуктов питания, средств производства и приложения труда.

Почва – гигантская экологическая система, которая наряду с Мировым океаном решающе влияет на всю биосферу. Почвенный покров состоит из бесчисленного множества биогеоценозов (экосистем) и ландшафтов, основными взаимосвязанными компонентами которых являются горные породы, растения, животные и микроорганизмы. Он невозобновляемый природный ресурс, который, однако, при хозяйском и заботливом к нему отношении, можно улучшать и повышать его плодородие, применяя физические, химические и биологические методы.

Сохранение почвенного покрова – одно из условий обеспечения и поддержания экологического равновесия в биосфере и нейтрализатор загрязнения, обитающие в биосфере микроорганизмы играют важную роль в минерализации остатков органических веществ, обеспечении круговорота их энергии в природе.

Почвенный покров постоянно подвергается воздействию естественных сил природы: размыванию, разрушению и созиданию. В связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства, ростом городов и поселков, строительством дорог и объектов социальной сферы, резко возрастает всестороннее воздействие на почву хозяйственной деятельности человека, приводящей к ее разрушению, деградации и невозможной потере.

Почва – это сложная среда со своей внутренней атмосферой, своеобразным водным режимом, определенной фауной и флорой, а также составом минеральных элементов.

Основоположник современного почвоведения В. В. Докучаев дал следующее определение почвы: «...это суть поверхностно лежащие минерально-органические образования, которые всегда более или менее заметно окрашены гумусом; эти тела всегда имеют свое собственное происхождение; они всегда и всюду являются результатом совокупной деятельности материнской горной породы, живых и отживающих организмов (как растений, так и животных), климата, возраста страны и рельефа местности».

Почвообразование – сложный процесс превращения материнской породы в почву, резко отличающуюся от исходной породы свойствами и внешним видом.

Одним из обязательных условий почвообразования является поселение на породе живых организмов. Для их развития требуется определенное количество влаги и доступных элементов питания. То и другое появляется в породе в процессе физического и химического выветривания.

Под влиянием климатических факторов плотные породы на поверхности суши подвергаются процессам выветривания, в результате которых образует-

ся слой, содержащий достаточное количество питательных веществ для появления лишайников и других низших растений. Это и является главной стадией, предшествующей появлению почвы как таковой.

Процесс превращения породы в почву непрерывен. Он зависит от взаимодействия материнской породы с поселившимися на ней организмами. При поселении растений происходит передвижение элементов питания из толщи породы и их накопление в ее верхней части. Эти процессы осуществляются под воздействием корневой системы растений, которая проникает вглубь породы, поглощает рассеянные в ней элементы питания, перекачивает их в зону максимального распространения корней и в надземную часть.

После отмирания растения разлагаются и находившиеся в них элементы питания переходят в свободное (подвижное) состояние. При этом часть элементов вымывается атмосферными осадками вниз, часть закрепляется в верхней части породы, а некоторая часть усваивается новыми растениями.

При разложении растительных остатков образуются сложные органические соединения – гумус, который постепенно накапливается в верхней части породы, придавая ей темную окраску и новые свойства. Одновременно с образованием гумуса разлагаются микроорганизмы. Таким образом происходит биологический круговорот веществ: накопление в верхней части породы элементов питания, образование гумуса и разрушение его с потерей части продуктов разрушения. Этот круговорот составляет сущность почвообразовательного процесса. Благодаря ему порода приобретает качественно новое свойство – плодородие.

Обязательным компонентом почвы и ее плодородия являются живые организмы. Количество их может достигать несколько миллиардов в 1 г плодородной почвы, а общая масса до 10 т/га. Почвенные организмы могут оказывать положительное, нейтральное и негативное воздействие на жизнь почвы и ее производительность. Без деятельности одних организмов совершенно невозможен рост и развитие растений, другие из них – наоборот, являются вредными, приводя к снижению или даже уничтожению урожая. Есть группы нейтральных организмов, которые практически не влияют на растения.

Основная часть живых организмов почвы – микроорганизмы... Преобладают растительные микроорганизмы – грибы, водоросли, актиномицеты, бактерии. Животные организмы представлены простейшими – инфузории, жгутиковые, корненожки, а также червями, моллюсками, членистоногими.

Наибольшее количество микрофауны и микрофлоры, а также макрофауны и макрофлоры, в том числе и высших растений, сосредоточено в верхних слоях почвы.

Живые организмы выполняют грандиозную работу, без которой почва не имела бы своего главного свойства – плодородия.

Важнейшей функцией почвенных организмов является создание прочной комковатой структуры почвы, которая, как правило, определяет ее водно-воздушный режим.

Почвенные организмы, в первую очередь фауна, способствуют перемещению веществ по профилю почвы, лучшему перемешиванию органической и минеральной ее частей. Микрофауна улучшает аэрацию и структуру почвы, дождевые черви способствуют повышению общего плодородия.

Некоторые микроорганизмы (клубеньковые и свободноживущие азотфиксирующие бактерии) усваивают азот атмосферы и обогащают им почву.

Биологическая фиксация молекулярного азота атмосферы, который находится в недоступной для высших растений форме, является одним из главнейших источников пополнения азота в почве. Процесс биологической фиксации азота удовлетворяет около 20 % потребности растений.

Очень большое практическое значение имеет способность некоторых организмов оказывать губительное действие на представителей фитопатогенной микрофлоры.

В разложении органического вещества участвуют также грибы. Кроме того, с помощью своих ферментов они принимают участие в разложении жиров, углеводов, белков, лигнина и других соединений почвы. Грибы усваивают питательные вещества и в определенной степени обеспечивают ими и водой растения.

Симбиотические грибы (микоризы) помогают корням растений – хозяев в усвоении пищи.

Актиномицеты, которые занимают промежуточное место между бактериями и грибами, кроме способности разложения органического вещества, являются источником многих антибиотиков. Они образуют одноклеточный мицелий и выделяют в почву летучие вещества, которые придают ей специфический запах. Численность актиномицетов в исследуемых почвах предгорной зоны РСО-Алания колеблется в пределах от  $0,35 \pm 0,05 \cdot 10^5$  КОЕ до  $6,35 \pm 2,82 \cdot 10^5$  КОЕ, что согласуется с данными, полученными в исследованиях Люлина, 2007.

Активное участие в почвообразовании и повышении плодородия почв принимают водоросли. Они развиваются на поверхности и в верхних слоях почвы и с помощью солнечной энергии образуют и накапливают органическое вещество. Нами установлено, что количество водорослей в почве зависит от ее типа, влажности и температуры. При значительном увлажнении в 1 г почвы в условиях предгорной зоны насчитывается до 80–100 тыс. водорослей.

Значение водорослей еще не полностью изучено. Некоторые ученые считают, что с их развитием значительно связана деятельность лишайников.

В почвах живут многочисленные животные, которые принимают участие в процессах почвообразования. К ним относятся кроты, черепахи, змеи, хомяки, различные насекомые, черви и др. Они перерабатывают растительные и животные остатки, перемешивают почву, улучшая ее аэрацию. Особенно велика роль дождевых червей. Они делают почву пористой, что благоприятствует свободному проникновению воздуха и воды, облегчая рост растений и увеличивая урожай сельскохозяйственных культур.

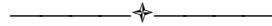
Особенная роль в повышении плодородия почв принадлежит высшим растениям. Их корни являются аккумулятором солнечной энергии и питательных веществ для многих организмов, которые живут в почве. Корневая система растений имеет важнейшее значение в структурообразовании почвы и обогащении ее органическим веществом.

Таким образом, роль почвы как фактора окружающей среды, основного средства производства растениеводческой продукции, места очистки, отделения, преобразования и вторичного использования различных загрязнителей, зависит от ее физических, химических и биологических свойств.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский Г. В. Почва. Город. Экология. М.: 1997.
2. Бигон М., Харпер Дж., Таусенд К. Экология особи, популяции и сообщества. В 2-х томах. М.: Мир, 1989.
3. Демина Т. А. Экология, природопользование, охрана окружающей среды. М.: Аспокб-пресс, 1995.
4. Казеев К. Ш. и др. Методы почвенной микробиологии и биохимии. Ростов на Дону: 2003.
5. Полякова А. В., Илюшкина Л. Н. Влияние антропогенного воздействия на биологическую активность почв. Ростов-на-Дону//Доклады Московского общества испытательной окружающей среды. М.: Графикон, 2006. 244 с.



УДК 721.011

Доцент ЛУКОМСКАЯ А. В.

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ПРОЕКТНЫЙ СИНТЕЗ  
В РАМКАХ УЧЕБНОГО КУРСА «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
АРХИТЕКТУРЫ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА»**

*В статье раскрывается методика градостроительного анализа в соответствии с современными тенденциями нового урбанизма, а также определяется значение синтеза процесса проектирования и системного предпроектного анализа ситуации. Исследование проводилось в рамках учебной дисциплины «Современные проблемы архитектуры и градостроительства», в результате чего были выявлены основные аспекты анализа фрагмента среды исторического центра.*

**Ключевые слова:** устойчивая архитектура, градостроительный анализ, проектный синтез.

*Lukomskaya A. V.*

**URBAN ANALYSIS AND DESIGN SYNTHESIS" IN THE FRAME  
OF THE COURSE "MODERN PROBLEMS OF ARCHITECTURE  
AND URBAN PLANNING"**

*The article reveals the methodology of urban analysis in compliance with current trends of new urbanism, as well as the value of the synthesis of the design process and system analysis of the situation. The study was conducted in the framework of the discipline "Modern problems of architecture and urban planning", the result of which were identified the main aspects of the analysis the fragment of the environment in the historic center.*

**Keywords:** Sustainable architecture, analysis the urban planning, project synthesis.

Сегодня происходят важные изменения в оценке процессов развития человечества. В мировом сообществе была осознана необходимость устойчивого развития, которое должно быть основано на устойчивом строительстве и архитектуре.

Современные города, являясь основной формой расселения людей, в большинстве случаев не комфортны для человека. Плохая экология, высокая плотность расселения, зачастую недостаток зеленых общественных пространств, загазованность, большое количество автомобилей – все это приводит к дискомфорту и стрессам у городских жителей. До сих пор при строительстве новых микрорайонов или жилых комплексов проектировщики создают приоритетные условия для передвижения автомобилей, что в свою очередь только ухудшает ситуацию. Таким образом, городской житель окружен сплошными потоками автомобилей и естественно, что это вызывает желание жить подальше от городской среды, ближе к природе. Становится очевидным, что невозможно приспособить существующий город к растущей авто-

мобилизации без потери его качеств. Качество получающейся городской среды оказывается достаточно низким. Жилье в таких районах все еще пользуется спросом, но лишь потому, что у горожан нет особого выбора. Подобная архитектура очень быстро стареет, создавая не особо привлекательный антураж города.

К концу прошлого столетия общество осознало, что из всех придуманных человеком градостроительных моделей города, наиболее оптимальна, комфортна и сомасштабна человеку исторически сложившаяся среда. Упорядоченность, историческая самобытность являются аспектами, формирующими определенный образ города. Именно историческая среда, ее эстетика являются визитной карточкой города, наиболее привлекательной и востребованной. Значимость влияния архитектуры, как визуальной информации, на качество жизни горожан не вызывает сомнений. Однако эстетические аспекты городской среды не всегда распространены на новую застройку города, либо реконструкцию старых районов. Часто она безлика и не имеет того особенного характера, формирующего идентичность.

В этом процессе формирования городской среды принимают участие как градостроители и архитекторы, так заказчики и горожане. Часто новые проекты, связанные либо с новым строительством, либо с реставрацией, сколь бы привлекательным они не казались, могут не вызывать никакого интереса у горожан и не стать частью жизненной среды. Такое явление не редкость. Порой оно обусловлено небрежностью архитекторов по отношению к контексту города, а также необходимостью идти на поводу у застройщика. Также нередки случаи непонимания заказчиками архитектурных замыслов из-за полного безразличия к их эстетическому языку и часто непричастности горожан к формированию социального заказа на собственное окружение.

Многие специалисты-градостроители и социологи видят ключ к решению вопроса в том, чтобы при проектировании различных объектов максимально выявлять и учитывать общественное мнение. Но при внимательном анализе оказывается, что для архитекторов, дизайнеров, разработчиков социокультурных проектов это тоже не выход, поскольку чаще всего опрашиваемые просто не знают, каким бы они хотели видеть свое окружение. И это естественно, поскольку горожане попадают в готовую архитектурную среду, а не создают ее сами, живут в ней, а не оценивают со стороны. Жители обычно быстро привыкают к своему окружению и перестают его замечать. Поэтому их оценки городской архитектуры не заслуживают особого доверия. По-видимому, специалисты, имеющие профессиональную художественную подготовку, применяющие свои навыки на практике, обладающие опытом целенаправленной работы с пространством, могут несравненно лучше эстетически осмыслить городские среды, нежели те, у кого нет таких навыков и опыта. Следовательно, не стандартные опросы, а диалог между архитекторами и горожанами на почве взаимной заинтересованности – вот путь к эстетическому восприятию, освоению городских пространств, к преодолению безразличного отношения к ним [1]. Необходима общая оценка градостроительной ситуации, включающая анализ не только сегодняшнего окружения, но и изучение истории развития места застройки в процессе развития города. Также важна историческая память места как части улицы, района или города в целом.

На кафедре Архитектуры архитектурно-строительного факультета СКГМИ к концу обучения – на 4 курсе, в рамках теоретической дисциплины «Современные проблемы архитектуры и градостроительства» изучаются вопросы, связанные с новым подходом к процессу проектирования, где отражаются принципы нового урбанизма:

1. Удовлетворение общества в рамках природно-ресурсного потенциала территорий.
2. Устойчивое развитие города и экологические взаимоотношения с природой.
3. Бережное отношение к контексту сложившейся исторической застройки, сохранение идентичности и общего характера городской среды.

К сожалению, на сегодняшний день в отечественном архитектурном образовании заложена некая система стереотипов, далекая от этих принципов.

Итогом изучения дисциплины становится исследование и критический анализ градостроительной ситуации на примере определенного участка города в историческом центре.

Исследование делится на три этапа.

Первый этап предполагает знакомство с историей развития участка и основными преобразованиями. Оценка функциональных процессов, протекавших в этой части города, определяет существовавший масштаб архитектурной застройки, анализируются транспортные и пешеходные связи.

### Пример анализа территории площади Свободы в г. Владикавказе

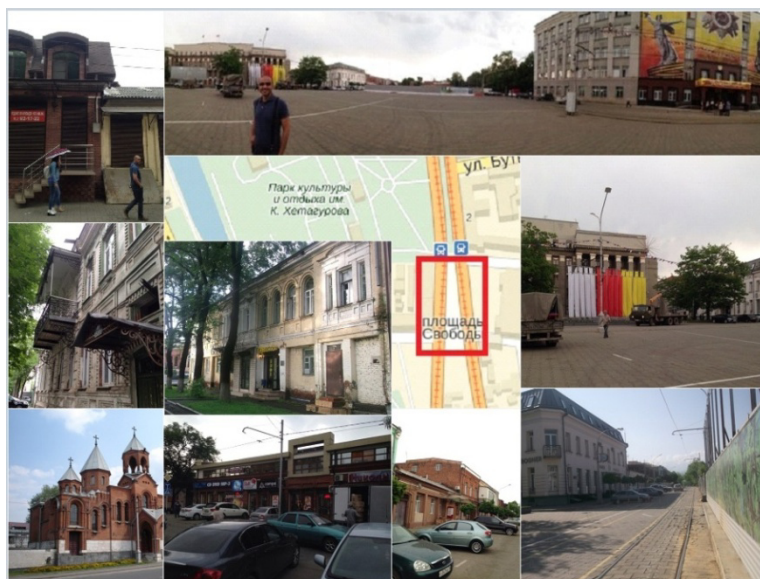


Площадь Свободы, в прошлом Михайловская, названа в честь великого князя Михаила Николаевича Романова, наместника царя на Кавказе. Практически все объекты, прилегающие к площади – дом Барона Штенгеля, Почтовая станция, Спасо-Преображенский храм, Царская беседка – утрачены

На втором этапе студенты исследуют существующий архитектурный контекст, выявляют позитивные и негативные ситуации, анализируют системный характер комплексных средовых проблем.

Проводится многофакторный анализ качества городской среды, выявляются факторы доступности и безопасности, «внешние» и «внутренние» потребительские связи. Проводится анализ качества доступности: отсутствие затруднений в перемещении маломобильных групп населения; анализ функционального наполнения среды. Прослеживается преемственность или ее отсутствие в функциональном развитии среды, для чего сопоставляется историческое и современное функциональное использование.

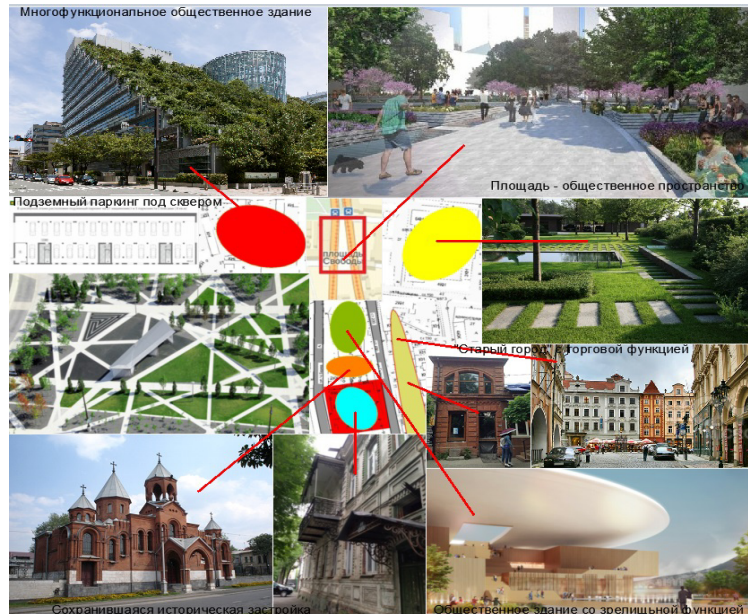
На последнем этапе, с использованием предыдущего исследовательского материала, делается заключение и предлагается собственная концепция развития и реновации этой территории, с включением таких критериев оценки как «качество жизни», «комфорт», «экологичность».



**Площадь свободы – прилегающие здания Правительства, Училища МВД, Министерства (построенные в стиле Советского неоклассицизма) не взаимодействуют с горожанами. Единственный объект, который был доступен для горожан – кинотеатр «Октябрь», снесен под строительство Гергиевского центра (строительство временно приостановлено). Оставшаяся историческая застройка в плачевном состоянии.**

Помимо важного исследовательского опыта, полученного студентами, также происходит выявление проблем исследуемой территории, что может лечь в основу дальнейших профессиональных оценок ситуации.

Возможно, что данный материал будет использоваться как основа для разработки программ развития общественных пространств в историческом центре, что позволит избежать ошибок точечной застройки в центре города, и станет основой создания дружелюбной и комфортной для человека среды с хорошим благоустройством, где современная архитектура не конфликтует со старинными фасадами.



**Концепция: площадь – центральное фокусное пространство в городе, которое включает в себя такие качества, как максимальная доступность, безопасность, благоустройство, возможность наблюдения и действия, оборудованность, мультифункциональность.**

Современный подход к проектированию выдвигает предпроектное исследование на первый план, т. к. это связано с социальными потребностями повышения качества жизни в городской среде.

Анализ городской среды в рамках обучающего процесса является важной составляющей современного подхода к процессу проектирования как учебного, так и в рамках профессиональной деятельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Орлова Э. А. Городская среда как культурноэстетическое явление. [Текст]//Вопросы культурологии. 2006. № 2 (февраль). С. 94–98. Библиогр. в примеч. Окончание. Начало в № 12, 2005.
2. Ложкин Александр. Очерки о городской среде. [www.archi.ru](http://www.archi.ru)
3. Канукова. З. В. Старый Владикавказ. Историко-этнологическое исследование: Монография / Под ред. докт. ист. наук, проф. М. М. Блиева; Министерство образования РФ. Владикавказский институт экономики управления и права. Изд. 2-е. Владикавказ: «Иристон», 2002. 316 с.
4. Аурели П. В. Возможность абсолютной архитектуры. Strelkapress 2014. – 304 с.



## ОЦЕНКА КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ МНОГОЭТАЖНОГО КАРКАСНОГО ЗДАНИЯ

*Рассматриваются конструктивные решения железобетонного монолитного двухэтажного каркасного здания на воздействия вертикальных и горизонтальных сейсмических нагрузок в двух вариантах – по рамной и связевой системам. Установлено, что связевая система является наиболее экономичной и в наибольшей степени обеспечивает надежное сопротивление каркаса горизонтальным нагрузкам.*

**Ключевые слова:** *каркасное здание, рамно-связевая система, диафрагма жесткости, рамный каркас, связевой каркас.*

*Manukyants A. H.*

## EVALUATION OF DESIGN SOLUTIONS MULTI-STOREY TIMBER FRAME BUILDINGS

*Discusses constructive solutions monolithic reinforced concrete two-story frame building on the impact of vertical and horizontal earthquake loads in two versions-for framed and braced systems. It is established that binding system is the most economical and the most reliable resistance of the frame to horizontal loads.*

**Key words:** *frame building, framed and braced system, the diaphragm stiffness, frame, braced frame.*

Проектирование каркасного здания начинается с выбора его конструктивной схемы. Как известно, важнейшим условием достижения высоких эксплуатационных качеств многоэтажного здания является обеспечение его надежного сопротивления горизонтальным нагрузкам и воздействиям.

Необходимую пространственную жесткость такого здания достигают различными вариантами компоновки конструктивной схемы, в основном, отличающимися способами восприятия горизонтальных нагрузок [1]. В связи с этим различают многоэтажные каркасные здания, работающие по рамной, рамно-связевой и связевой системам как в поперечном, так и в продольном направлениях.

При работе здания по рамной системе все нагрузки воспринимаются только работой рамы, состоящей из колонн и ригелей с жесткими узлами сопряжений их между собой.

Рамно-связевая система предполагает установку вертикальных диафрагм жесткости, которые воспринимают часть горизонтальной нагрузки.

Здание, работающее по связевой системе, имеет диафрагмы жесткости, способные воспринимать полную горизонтальную нагрузку. В этом случае рамный каркас воспринимает только вертикальную нагрузку.

Рассмотрим конструктивные решения железобетонного монолитного двухэтажного каркасного здания на воздействия вертикальных и горизонтальных сейсмических нагрузок в двух вариантах.

В первом варианте каркас здания принят по рамной системе в обоих направлениях, а во втором – по связевой системе соответственно. В обоих вариантах сетка колонн  $b \times b_m$ , ригели сечением 600 x 400 мм таврового сечения с шириной полки по [2]:

$$b'_f = 6h'_f \cdot 2 + b = 2320 \text{ мм},$$

где  $h'_f = 160$  мм – толщина монолитной железобетонной плиты,

$b = 400$  мм – ширина ребра ригеля, фундаменты под колонны отдельно стоящие, высота этажей 5,4 м.

### Сравнение вариантов конструктивных решений каркаса по расходу материалов

Конструкция	I вариант – рамная система					II вариант – связевая система					Разница	
	Кол-во, шт.	на единицу		всего		Кол-во, шт.	на единицу		всего			
		бетон, м <sup>3</sup>	арматура, кг	бетон, м <sup>3</sup>	арматура, кг		бетон, м <sup>3</sup>	арматура, кг	бетон, м <sup>3</sup>	арматура, кг	по бетону, м <sup>3</sup>	по арматуре, кг
Фундаменты под колонны	66	5,05	141,85	333,30	9362	66	1,316	15,40	86,86	1016	246,44	8346
Колонны	66	2,53	216,06	166,98	14260	50	2,0	70,77	100,0	3539	66,98	10721
Ригели	230	1,44	128,04	331,20	29449	214	1,44	91,04	308,16	19483	23,04	9966
Диафрагмы жесткости	-	-	-	-	-	8	17,0	1504,19	136,0	12034	-136,0	-12034
Итого				831,48	53071				631,02	36072	200,46	16999

Сечение колонн первого варианта 450 x 450 мм, а второго – 400 x 400 мм.

Для оценки принятых конструктивных схем выполнены два варианта расчетов.

В первом варианте рассчитана железобетонная двухэтажная рама на вертикальные нагрузки и горизонтальную сейсмическую, интенсивностью 9 баллов. Полезная вертикальная нормативная нагрузка на междуэтажное перекрытие принята 4000 н/м<sup>2</sup>, а снеговая нормативная на плиту покрытия – 840 н/м<sup>2</sup>. Соответственно коэффициенты надежности по нагрузке –  $\gamma_f = 1,2$  и  $\gamma_f = 1,4$ . Постоянная нагрузка принята с коэффициентом надежности  $\gamma_f = 1,1$ .

Полезная и снеговая нагрузки разделены поровну на длительную и кратковременную [3].

По второму варианту железобетонная рама рассчитана только на вертикальные нагрузки той же интенсивности, что и в первом варианте. Для восприятия горизонтальной сейсмической нагрузки интенсивностью 9 баллов предусмотрены по четыре диафрагмы жесткости в поперечном и продольном направлениях.



Диафрагмы состоят из монолитной железобетонной стенки толщиной 200 мм, соединенной с двумя колоннами сечением 400 x 400 мм.

Расчеты по обоим вариантам выполнены по [4; 5]. Результаты расчетов приведены в таблице.

Как видно из таблицы, наиболее экономичной оказалась связевая система как по расходу бетона, так и арматуры. Наибольшая экономия бетона получена по фундаментам под колонны. Объем бетона на фундаменты по первому варианту в 3,8 раза больше, чем по второму. Это связано с резким увеличением изгибающих моментов в колоннах каркаса, работающего по рамной системе. Рамный каркас, воспринимающий вертикальные и горизонтальные сейсмические нагрузки, требует повышенного содержания арматуры в фундаментах, колоннах и ригелях.

В итоге, экономия бетона и арматуры связевого каркаса, по сравнению с рамным, составила соответственно 24 % и 32 %.

Очевидно, что с увеличением числа этажей экономия будет расти.

Таким образом, связевой каркас в наибольшей степени обеспечивает надежное его сопротивление горизонтальным нагрузкам, обеспечивая необходимую пространственную жесткость.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Железобетонные и каменные конструкции // Под. ред. В. М. Бондаренко. М., Высшая школа, 2007.
2. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. М., ГПЦПП, 2004.
3. СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81.
4. Заикин А. И. Проектирование железобетонных конструкций многоэтажных промышленных зданий. М., 2005.
5. Бондаренко В. М., Римин В. И. Примеры расчета железобетонных и каменных конструкций. М.: Высшая школа, 2007.



УДК 620.178

*Канд. техн. наук, доцент УРУМОВ Г. Т.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АМг6 МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ

*Исследуются процессы упрочнения-разупрочнения, протекающие во времени в области сварного соединения в сосудах давления из алюминиевого сплава АМг6.*

**Ключевые слова:** *сварное соединение, твердость, прочность, сосуд давления, фактор времени.*

## THE INVESTIGATION OF THE WELDING JUNCTIONS FROM THE ALUMINIUM ALLOY AMg6 BY THE METHOD MEASURE SOLIDITY

*There are investigate the processes of strengthening-disstrengthening-lapseing with flow time in region the welding junctions in the vessels of pressure from the aluminium alloy AMg6 by the measure solidity.*

**Key words:** *The welding junction, the vessel of pressure, the factor of the time.*

Листовые конструкции находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Обычно основной нагрузкой являются длительно действующие статические.

Для определения протекания во времени процессов упрочнения-разупрочнения в различных зонах сварного соединения модельных ёмкостей диаметром 250 мм, толщиной стенки 2,5 мм, длиной 628 мм были проведены исследования распределения твердости [1].

Определение распределения твердости позволяет характеризовать механические свойства в области сварного соединения.

Перед эксплуатацией модельных емкостей усиление шва на наружной стороне и со стороны корня шва не снимали.

Так как разрушение обычно происходит вне шва, в пределах зоны термического влияния, то основное внимание уделялось исследованию процессов упрочнения-разупрочнения в различных участках частичного оплавления, в пределах околошовной зоны, где помимо значительного прогрева при сварке, при нагружении в процессе эксплуатации наблюдается реакция концентрации [1] суммарных (остаточных от сварки плюс от нагрузки) напряжений.

Распределение твердости исследовали на приборе ТП по методу Викерса (нагрузка в 5 кг с шагом 0,5 мм).

Проводить исследования методом измерения микротвердости нецелесообразно, так как при этом получается большой разброс показаний, не позволяющий установить четких закономерностей.

Образцы вырезали из модельных емкостей на расстоянии приблизительно 160 мм от кольцевого шва со стороны шпангоута, то есть из области, где действуют максимальные остаточные напряжения в продольном шве.

Измерение распределения твердости в сварных соединениях пластин, в результате их хранения, и модельных емкостей, в результате выдержки их при различных уровнях нагрузки, представлено в таблице.

Из таблицы видно, что в околошовной зоне происходит незначительное разупрочнение. Распределение твердости в сварных соединениях модельных емкостей при различных уровнях кратковременной нагрузки, при которых кольцевые напряжения достигают  $0,936R$ ;  $1,133R$  и  $1,25R$ , где ( $R$  – расчетное сопротивление основного металла), относительно равномерно:  $HV 5$  осн. мет. =  $64-66$  кг/мм<sup>2</sup> и  $HV 5$  св. шва =  $60-70$  кг/мм<sup>2</sup>.

№ п/п	Нагрузка	Продолжи- тельность испытания	Твердость, кг/мм <sup>2</sup>						
			на оси шва	на линии сплавле- ния	на расстоянии от линии сплав- ления				
					1 мм	2 мм	3 мм	4 мм	5 мм
1	$\sigma_{ост}$	5 сут.	81,5	82,5	81,5	81,5	81	82,5	82
		960 сут.	83	82,5	80,7	81,5	81,5	83,5	83,5
2	$\sigma_{ост} + 0.936R$	5 мин.	69	65,5	69	67	71	67	64,9
		60 сут.	65	68,5	65	64,9	67	64,9	65
3	$\sigma_{ост} + 1.133R$	5 мин.	69	66,5	64	63,5	63,5	65	66
		80 сут.	67	65,5	65,5	65,5	67	68	67
4	$\sigma_{ост} + 1.25R$	5 мин.	68,5	63,5	66	70	70	70	69
		9 мес.	64	67	65	68	68	72,5	71

Анализ полученных данных показал, что при разных уровнях нагрузки в околошовной зоне происходит различная степень упрочнения-разупрочнения ее участков.

С увеличением нагрузки и времени выдержки (~до 70 суток) происходит большее разупрочнение вблизи линии сплавления; при этом максимум разупрочнения приближается к линии сплавления.

Проектирование листовых конструкций из алюминиевого сплава АМг6 с использованием полученных результатов обеспечит более высокую надежность их работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Урумов Г. Т. Исследование релаксации остаточных сварочных напряжений при длительном воздействии статической нагрузки. Дис. на соискание степени канд. техн. наук. М., 1975.

2. Шаршуков Г. К. Малоцикловая усталостная прочность свариваемых алюминиевых сплавов при плоском напряженном состоянии применительно к листовым конструкциям: Дис... канд. техн. наук. М., 1970.



УДК 72.04.03

*Профессор ЦАЛЛАГОВ С. Ф.,  
Доцент ТЕЗИЕВА М. Д.*

#### МУЗЕЙ ТЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

*Описывается история создания музея Терской области. Раскрываются архитектурные особенности здания музея. Детально рассматриваются отдельные фрагменты фасадов, их стилистическая направленность. Рассказывается о личностях, внесших большой вклад в формирование музейных экспозиций.*

**Ключевые слова:** история создания, фрагменты фасадов, личности.

## TEREK REGIONAL MUSEUM

*The paper tells the story of the foundation of the Terek Regional Museum. Specific aspects of the museum's architecture are discussed. A number of facade fragments are examined in detail as well as their style. Individuals are mentioned who contributed in particular to building the museum's exhibitions. The building's long history is told from Soviet days until today.*

**Key words:** *history, fragments of facades, personality.*

Многие ученые проявляли большой интерес к изучению Осетии еще в дореволюционное время. Среди исследователей были академик В. Миллер, ученые В. Антонович, П. Уварова, Р. Вихрев, Э. Шантр и многие другие.

С целью изучения и охраны старины в г. Владикавказе, по почину терского областного статистического комитета, возник Государственный научный музей.

В 1911 году решено было построить во Владикавказе – центре Терской области – областной исторический музей. Место строительства будущего музея было выбрано на свободной площадке напротив Нового кафедрального собора.

Город стремился иметь все достижения цивилизации. В 1897 г. здесь открылся музей местных древностей. Первое упоминание о нем относится к 1898 г. – в «Терском календаре». Он вошел в число 36 главнейших российских провинциальных музеев. Первыми приобретениями музея явились коллекции руд, гербарии альпийской флоры, фотоснимки различных исторических памятников и достопримечательностей области. Святилище Реком одним из первых стало предметом пристального внимания музейных работников. Была выявлена «настоятельная потребность» в принятии скорейших мер для его сохранения, составлена опись хранящихся в святилище предметов – серебряных крестиков, бус и золоченого стекла, монет и т.д. – и на средства, выделенные Московским археологическим обществом, был изготовлен специальный шкаф, который установили в святилище, поместив в нем все ознанченные в описи древности.

Еще одним ценным приобретением музея стали письма великого русского полководца А.В.Суворова, который в свое время принял непосредственное участие в укреплении крепости Моздок.

Составление проекта было поручено архитектору Ивану Васильевичу Рябкину. Время строительства музея совпадало с развитием и становлением на территории Терской области архитектурного стиля модерн. Стиль модерн, как известно, решительно порывал с архитектурным прошлым, с канонами классицизма. Однако Рябкин, учитывая специфику проектируемого им здания музея, сумел соединить стиль модерн с элементами классики, и это ему удалось вполне.

Проект нового здания Исторического музея был утвержден и рекомендован к строительству. С финансированием строительства музея произошли задержки, и к строительству фактически приступили лишь в 1913 году. Когда центральная двухэтажная часть музея была уже закончена, полностью были

оформлены главный вход и вестибюль, началась первая мировая война (1914 год). Решено было закончить отделку уже выстроенной части музея, а остальное строительство законсервировать. Таким образом, то, что до нас дошло, – это, по существу, всего лишь вестибюль и гардероб предполагаемого здания, основной же корпус должен был располагаться перпендикулярно вестибюлю вглубь участка, но он так и не был построен. И все же, несмотря на это, построенная часть музея по своей выразительности носит завершенный характер и должна нами рассматриваться как таковая. Нельзя отказать автору в мастерстве и оригинальности запроектированной им арки и во всей выразительности образа главного входа. Перед главным входом были установлены две пушки с ядрами эпохи военных действий на Кавказе. В настоящее время в здании разместились Литературный музей им. К.Л.Хетагурова.

В годы революции и гражданской войны музей, в отличие от многих общественных зданий во Владикавказе, не подвергся разграблению.

В августе 1918 г. музей перешел в ведение Комиссариата народного просвещения, а в сентябре была образована Особая комиссия по охране культурных ценностей Владикавказа.

С мая 1921 г. музей был передан Северо-Кавказскому институту краеведения.

Кроме основного здания, построенного специально для музея по проекту архитектора Ивана Васильевича Рябикина, музей располагал еще одним зданием – зданием Константиновского училища.

В главном здании находились экспонаты антропогеографического отдела, библиотека и квартира служащего. Во втором здании размещался отдел Музея революции, канцелярия, мастерские, препараторская и экскурсионное бюро.

Работа музея выражалась в принятии мер по охране старины в пределах Терской области, организации археологических, геологических, зоологических, ботанических, этнографических исследований, чтении лекций, пополнении фондов Музея.

В 1928 г. произошел раздел Государственного научного музея Владикавказа между Северо-Осетинской и Грозненской областями. После этого работа музея сосредоточилась на территории в Северной Осетии.

В 1942 г. музей был эвакуирован. После окончания Великой Отечественной войны музей разместился в одном главном здании, а в 1966 г. Музей краеведения был переведен в другое здание, а в здании по Музейному переулку, 3 разместился Литературный музей им. К.Л.Хетагурова.

На протяжении своего существования здание музея почти не претерпело значительных изменений. Это трехэтажное здание с полуподвальным помещением, характер архитектуры – эклектичен. В плане представлено в виде прямоугольника. Здание имеет очень богатое архитектурно-художественное убранство: членение по вертикали, по главному и боковым фасадам – пилястрами, с оригинальным эклектичным ордером, полукруглые арки-раковины над окнами первого этажа, рустовка пилястр на первом этаже.

Третий этаж отделен от второго сильно выступающим карнизом на лепных кронштейнах. Здание на главном фасаде имеет фронтоны. На верхней части которого имеется лепная эмблема серпа и молота, а в нижней части – лепная надпись «музей» (поздняя реконструкция фасада, год реконструкции не выяснен).

По периметру парапета расположены тумбы, являющиеся продолжением стволов пилястр. Над центральным входом имеется арочный оконный проем, расчлененный выступающими объемами замковой формы.

Портал входа имеет в верхней части барельеф К. Л. Хетагурова. Порттик покоится на четырех колоннах – по две справа и слева, завершенных капителями, стилизованными под античный ордер.

Отметка площадки центрального входа находится на уровне кордона (верхняя часть цоколя).

Окна первого и третьего этажей прямоугольной формы. Под окнами первого этажа имеются ниши прямоугольной формы по ширине окон. Окна второго этажа – круглые с мощным лепным обрамлением. Над центральным входом расположено арочное окно. Крыша двускатная металлическая.

Даже в самые тяжкие времена Терский областной музей продолжал свою миссию хранителя культурных ценностей, которые он не только уберег, но и приумножил. На основе коллекции бывшего Горского художественного института в составе музея был образован художественный подотдел. В штате научных сотрудников состояли художник И.Л.Щелбыкин и специалист по изящным и прикладным искусствам Н.В.Глоба, которые вместе с местными художниками Блюме, Тавасиевым, Тугановым, Гродовским, Кусовым, Лакисовым, Полетико, а также учеными С.А. Гатуевым и Л. П. Семеновым вели работу по созданию, сбору и охране произведений искусства и заложили основы открытой 7 апреля 1939 г. Республиканской картинной галереи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Цаллагов С. А.* Владикавказ: летопись в камне. Владикавказ: Дизайн-студия «Веста». 2008.
2. *Цаллагов С. А.* Зодчие Владикавказа 19–20 вв. Владикавказ, 2014.
3. Газета «Терские ведомости». 1898.
4. ЦГА РСО-Алания.



УДК 514.18

Ст. преподаватель КУДИНОВА Е. Ю.,  
студентка ХУРИЕВА Д. Ф.,  
д-р техн. наук, профессор ГУРИЕВ Т. С.

### К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОБЪЕМА ФРАГМЕНТА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В статье рассматривается возможность определения объема фрагмента топографической поверхности, представленного аппаратом проекций с числовыми отметками, путем трансформирования этого фрагмента к цилиндрической поверхности, или конической поверхности общего вида.

**Ключевые слова:** фрагмент топографической поверхности, усеченный конус, цилиндр.

В инженерной практике часто встречаются задачи, где требуется определить объем фрагмента топографической поверхности. Это может быть холм, балка, долина, овраг и другое.

Рассмотрим ситуацию, когда требуется определить объем холма, который на плане и главном виде представлен аппаратом проекций с числовыми отметками. То есть, конфигурация холма выражена семейством горизонталей, задаваемых по высоте определенным шагом. Для определения общего объема холма мысленно расчленим его на горизонтальные слои, ограниченные по высоте определенным высотным шагом.

Для определения общего объема холма (см. рис. 1) определяем объемы всех слоев, формирующих холм, и затем находим их сумму, т. е. тем самым определяем объем холма.

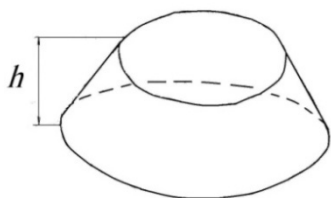


Рис. 1

Если рассматриваемый слой может быть отнесен к усеченному конусу, то его объем определяется известной приведенной математической зависимостью:

$$V_{y.k} = \frac{1}{3}\pi h(r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2).$$

В качестве примера рассмотрим круговой конус, метрические характеристики которого следующие:

$$AB = r_1 = 3 \text{ см}; CD = r_2 = 8 \text{ см}; AC = h = 5 \text{ см}.$$

Объем усеченного конуса будет равен:

$$V_{y.k} = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 5(3^2 + 3 \cdot 8 + 8^2) = 507,31 \text{ см}^3.$$

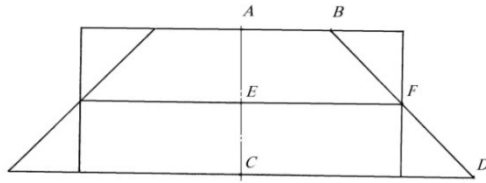


Рис. 2

Для определения объема усеченного конуса нам необходимо, прежде всего, трансформировать верхнее и нижнее основания слоя (которые в общем случае являются замкнутыми криволинейными фигурами) к окружностям (соответствующие исследования нами выполнены, см. [1]), затем уже определить объем усеченного конуса. С практической точки зрения определение объема рассматриваемого слоя более просто достигается, если мы трансформируем усеченный конус к прямому цилиндру и затем определим его объем. При этом придерживаемся условия равенства высоты цилиндра и усеченного конуса и, кроме этого, равенства объемов усеченного конуса и вспомогательного цилиндра (см. рис. 2).

Объем вспомогательного цилиндра рассчитываем по формуле:

$$V_{ц} = \pi r^2 h = 3,14 \cdot 5,52 \cdot 5 = 507,3 \text{ см}^3, \text{ где } EF = r = 5,52 \text{ см.}$$

Горизонтальная проекция вспомогательного цилиндра расположится между верхним и нижним основаниями конуса и будет выглядеть для кругового конуса окружностью, для условного конуса – замкнутой криволинейной фигурой. Как показали выполненные нами исследования, замкнутая кривая линия, отражающая горизонтальную проекцию вспомогательного цилиндра, является средней эквидистантной линией между контурами верхнего и нижнего основания слоя (который в общем случае можно считать условным усеченным конусом).

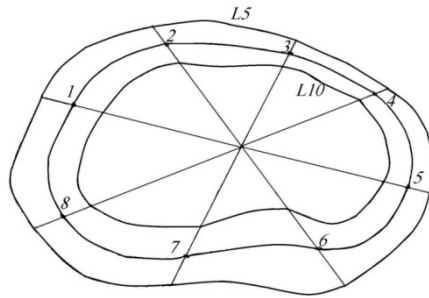


Рис. 3

Контур вспомогательного цилиндра на горизонтальной проекции можно построить с помощью семейства вспомогательных радиальных хорд большего по размерам основания слоя. Для этого необходимо отрезки радиальных хорд, находящихся между соседними основаниями, разделить строго пополам и через полученные точки построить искомым контур (см. рис. 3). Кривые 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 являются горизонтальной проекцией вспомогательного цилиндра.

В случае, если рассматриваемый слой трансформируется в круговой усеченный конус, прежде всего, необходимо будет определить радиус вспомогательного цилиндра, а затем уже определить объем этого цилиндра, который адекватен объему рассматриваемого слоя.

Для определения объема усеченного конуса нам необходимо, прежде всего, трансформировать верхнее и нижнее основания слоя (которые в общем случае являются замкнутыми криволинейными фигурами) к окружностям (соответствующие исследования нами выполнены,

Контур вспомогательного цилиндра на горизонтальной проекции можно построить с помощью семейства вспомогательных радиальных хорд большего по размерам основания слоя. Для этого необходимо отрезки радиальных хорд, находящихся между соседними основаниями, разделить строго пополам и через полученные точки построить искомым контур (см. рис. 3). Кривые 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 являются горизонтальной проекцией вспомогательного цилиндра.



Если рассматриваемый слой не трансформируется в круговой усеченный конус, то для определения объема слоя, прежде всего, необходимо построить контур вспомогательного цилиндра (находящийся между слоями), а затем определить площадь криволинейной фигуры контура (соответствующие исследования по этому вопросу нами выполнены, см. [2]).

Определив площадь основания цилиндра, находим его объем, т.е. определяем объем рассматриваемого слоя.

Аналогичным образом определяем объемы всех слоев рассматриваемого фрагмента топографической поверхности, что позволяет определить их сумму и тем самым объем фрагмента топографической поверхности.

*Замечание.* Самый верхний слой ограничивается одним основанием, что позволяет трансформировать эту часть фрагмента к конической поверхности общего вида и определить ее объем. В этом случае объем рассматриваемой поверхности будет определен более точно и корректно.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кудинова Е. Ю., Хуриева Д. Ф., Гуриев Т. С. К вопросу об определении площади замкнутой криволинейной фигуры графоаналитическим путем // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Закономерности и тенденции развития науки в современном обществе». 15 марта 2016 г. Тюмень: НИЦ АЭТЕРНА. 2016. С. 26–29.

2. Кудинова Е. Ю., Гуриев Т. С., Цаболова М. М. Геометрический алгоритм определения объема водохранилища в условиях гористого рельефа местности // Устойчивое развитие горных территорий. № 2 (24). Владикавказ, 2015. С. 18–20.



## СОДЕРЖАНИЕ

### Информационные технологии

<i>Базаева А. В., Гуриев Т. С., Калининко А. В.</i> Разработка программы для расчета степени оптимизации архитектурно-строительного проекта .....	3
<i>Гроппен В. О., Проскурин А. Е.</i> Использование высоковольтных развернутых конденсаторов для контроля сил гравитационного взаимодействия в вакууме .....	8
<i>Степанов А. Л., Дедегкаев А. Г., Дорош Н. В.</i> Ориентированная для САПР универсальная математическая модель вихретокового преобразователя .....	15
<i>Томаев М. Х.</i> Выбор оптимальной стратегии inline-подстановок в программных алгоритмах, написанных на языке «С++» .....	29
<i>Хуриев Г. Ф., Даурова А. А., Волошин С. Б.</i> Использование метода эталонов при разработке современных приложений для поиска аналогов .....	37

### Автоматизация управления технологическими системами

<i>Болотаева И. И.</i> Математическое моделирование процесса выщелачивания огарка в производстве цинка .....	43
<i>Яржемский А. С., Багаева М. Э., Хадзарагова Е. А.</i> Математическая модель устойчивости трубопровода в нестационарных условиях эксплуатации .....	50

### Геология и горное дело

<i>Бергер М. Г.</i> Об основных признаках Колкинской катастрофы 2002 года как показателях взрывоподобного направленного газодинамического выброса ледника Колка .....	56
<i>Гуриева Е. В.</i> Модель управления эффективностью доработки запасов .....	60
<i>Кодзаев Ю. В., Босиков И. И.</i> Пространственно-статистический анализ геологического строения и размещения полезных ископаемых .....	64

### Металлургия и обогащение полезных ископаемых

<i>Клыков Ю. Г.</i> Определение механизма селективной дезинтеграции частиц в процессе истирания .....	74
<i>Наниева З. В., Кибизов С. Г., Критская М. Ж., Наниева Б. М.</i> Реконструкция и укрепление берегов хвостохранилищ обогатительных фабрик для предотвращения их разрушения и размыва .....	77

### Промышленная электроника и электронные приборы

<i>Агаев В. В., Яблочкина Г. И.</i> Оценка верхнего предела скорости поверхностной рекомбинации в n-InP, легированного Sn .....	82
<i>Кабышев А. М., Шавлохов М. В.</i> Разработка контроллера для управления упаковочным оборудованием .....	85

## Электротехника

<i>Масков Ю. П., Масков С. П., Берко И. А.</i> Применение коэффициентов передачи по току и напряжению в теории электрических взрывных цепей....	90
<i>Петров Ю. С., Рогачев Л. В., Соин А. М.</i> Зависимость сопротивлений реактивных элементов электрической цепи от времени.....	95
<i>Петров Ю. С., Рогачев Л. В., Соин А. М.</i> Методика обобщенного матричного анализа резистивных электрических цепей .....	102

## Экономика

<i>Галачиева С. В., Хачетлова Е. Р., Дедегкаева Н. Т., Камболова М. Д.</i> Выявление и обоснование резервов повышения эффективности управления промышленным предприятием.....	109
<i>Парошин Е. А., Гугкаев В. Х., Кудяев Б. А., Кушхова Д. С.</i> Концептуальные основы системной модернизации промышленных предприятий в процессе формирования механизма стимулирования их устойчивого регионального развития .....	116
<i>Махашева С. А., Мудаева А. М., Забураев Ч. Ш.</i> Особенности технологического уклада и приоритеты инновационной модернизации экономики Чеченской Республики.....	122
<i>Цхурбаева Э. Ф., Плиева М. Т., Такаева Х. Х.</i> Основные предпосылки и факторы устойчивого развития агропромышленного комплекса.....	126
<i>Хадонов А. В., Тагзиева Н. С.</i> Сдельная форма оплаты труда. Современные условия и отличия .....	133
<i>Хетагурова И. Ю., Хетагурова Т. Г.</i> Совершенствование бизнес-процессов недропользования предприятий горно-добывающей промышленности.....	138

## Экология

<i>Атаева А. Ю., Свердлик Г. И., Дреев З. М.</i> Исследование характеристик пыли и анализ методов пылеулавливания .....	142
<i>Осикина Р.В., Дзедоева Ф. М.</i> Экоотоксиканты в пищевых продуктах, поступающих на рынки г. Владикавказа.....	147
<i>Осикина Р. В.</i> Биодинамический подход к ведению сельского хозяйства .....	152

## Архитектура. Строительство

<i>Лукомская А. В.</i> Градостроительный анализ и проектный синтез в рамках учебного курса «Современные проблемы архитектуры и градостроительства».....	158
<i>Манукяни А. Х.</i> Оценка конструктивных решений многоэтажного каркасного здания .....	163
<i>Урумов Г. Т.</i> Исследование сварных соединений из алюминиевого сплава АМг6 методом измерения твердости .....	165
<i>Цаллагов С.Ф., Тезиева М. Д.</i> Музей Терской области .....	167

## Разное

<i>Кудинова Е. Ю., Хуриева Д. Ф., Гуриев Т. С.</i> К определению объема фрагмента топографической поверхности.....	171
--	-----

Научное издание

Труды  
Северо-Кавказского  
горно-металлургического института  
(государственного технологического университета)

Выпуск двадцать третий

Редактор:  
*Иванченко Н. К.*

Компьютерная верстка:  
*Куликова М. П.*

---

Подписано в печать 25.07.2016. Формат бумаги 70x108 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага "Снегурочка".  
Гарнитура «Таймс». Печать на ризографе. Усл. п.л. 10,23. Уч.-изд. л. 8,49. Тираж 100 экз.  
Заказ №. Северо-Кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический университет). Изд-во «Герек».  
Отпечатано в отделе оперативной полиграфии СКГМИ (ГТУ).  
362021. Владикавказ, ул. Николаева, 44.