

ISSN 2071-7296

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия  
(СибАДИ)»

# **ВЕСТНИК СибАДИ**

Выпуск 4 (26)

Омск  
2012

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)»

**Вестник СибАДИ:** Научный рецензируемый журнал. – Омск: СибАДИ. - № 4 (26). - 2012. - 170с.

*Учредитель* – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)»

*Свидетельство о регистрации* ПИ № ФС77-46612 от 16 сентября 2011 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.

Научный рецензируемый журнал «**Вестник СибАДИ**» входит в **перечень ведущих периодических изданий рекомендованных ВАК** решением президиума ВАК от 25.02.2011

Входит в международный каталог Ulrich's International Periodicals Directory.

*Редакционная коллегия:*

**Главный редактор** – Кирничный В. Ю. д-р экон. наук, доц. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Зам. главного редактора** – Бирюков В. В. д-р экон. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Зам. главного редактора** – Завьялов А. М. д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Исполнительный редактор** – Архипенко М. Ю. канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Выпускающий редактор** – Юренко Т. В.

*Члены редакционной коллегии:*

**Витвицкий Е. Е.** д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Волков В. Я.** д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Галдин Н. С.** д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Епифанцев Б. Н.** д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Жигадло А. П.** д-р пед. наук, доц. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Кадисов Г.М.** д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Матвеев С. А.** д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Мещеряков В. А.** д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Мочалин С.М.** д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Певнев Н. Г.** д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Плосконосова В. П.** д-р филос. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Пономаренко Ю.Е.** д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Прокопец В.С.** д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Сиротюк В. В.** д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Смирнов А.В.** д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

**Щербakov В. С.** д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ";

*Editorial board*

**Kirnichny V.** Doctor of Economical Science, Professor SibADI, Editor-in-chief

**Birukov V.** Doctor of Economical Science, Professor SibADI, Deputy editor-in-chief

**Zavyalov A.** Doctor of Technical Science, Professor SibADI, Deputy editor-in-chief

**Arkhipenko M.** Candidate of Technical Science, SibADI, Executive Editor

**Yurenko T.** Publishing Editor

*Members of editorial board*

**Vitvitsky E.** Doctor of Technical Science, Professor SibADI

**Volkov V.** Doctor of Technical Science, Professor SibADI

**Galdin N.** Doctor of Technical Science, Professor SibADI

**Epifantzev B.** Doctor of Technical Science, Professor SibADI

**Jigadlo A.** Doctor of Pedagogical Science, Professor SibADI

**Kadisov G.** Doctor of Technical Science, Professor SibADI

**Matveev S.** Doctor of Technical Science, Professor SibADI

**Mescheryakov V.** Doctor of Technical Science, Professor SibADI

**Mochalin S.** Doctor of Technical Science, Professor SibADI

**Pevnev N.** Doctor of Technical Science, Professor SibADI

**Ploskonosova V.** Doctor of Philosophy, Professor SibADI

**Ponomarenko Yu.** Doctor of Technical Science, Professor SibADI

**Prokopets V.** Doctor of Technical Science, Professor SibADI

**Sirotyk V.** Doctor of Technical Science, Professor SibADI

**Smirnov A.** Doctor of Technical Science, Professor SibADI

**Scherbakov V.** Doctor of Technical Science, Professor SibADI

Адрес редакции: 644080. Россия, г. Омск, пр. Мира, 5, каб. 3232.

E-mail: Vestnik\_Sibadi@sibadi.org, <http://www.sibadi.org>

*Издательство* Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)»

Подписной индекс 66000 в каталоге агентства "РОСПЕЧАТЬ"

Издается с 2004 г.

С 01.01.2008 – издается ежеквартально

Омск 2012

© Сибирская государственная  
автомобильно-дорожная  
академия (СибАДИ), 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ I

#### ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

<b>А. И. Демиденко, А. З. Аглиуллин</b> Обоснование направления движения потока грунта при наполнении ковша скрепера	7
<b>В. Н. Завьялов, А. Н. Самсонов, А. Д. Пивоваров, А. В. Гвоздев</b> Повышение конструкционной прочности стали на основе легирования	11
<b>В. А. Мещеряков, В. В. Вебер</b> Методика обработки результатов экспериментальных исследований тягового режима автогрейдера	14
<b>В. А. Палеев, А. И. Терёхин, А. И. Ермолаева</b> Выбор рационального места установки датчика положения отвала на тяговой раме автогрейдера.	19
<b>В. С. Щербаков, М. С. Корытов, М. Ю. Архипенко</b> Варианты конструктивного исполнения и преимущества использования самоходного двухстрелового грузоподъемного крана	25
<b>Ю. А. Федотенко, А. С. Анисович</b> Технология получения кубовидного щебня с использованием усовершенствованного оборудования	30

### РАЗДЕЛ II

#### СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

<b>Ю. В. Корчевская</b> Автоматизация расчета фильтрационных параметров при плоскопараллельном наливе с применением компьютерных технологий	38
<b>Д. А. Кузьмин</b> Математическая модель тонкостенных связей в составе трехслойных цилиндрических покрытий	41
<b>Б. С. Прокопец, Е. Г. Аввакумов, А. А. Гусев, В. П. Михайловский</b> Получение и свойства муллито - кордиеритовой керамики из золошлаков тепловых станций	48
<b>В. И. Сологаев, Н. В. Золотарев</b> Моделирование подтопления мелиорируемого участка методом электронных таблиц	51
<b>Ю. В. Столбов, С. Ю. Столбова, Д. О. Нагаев, К. С. Кокуленко</b> Обеспечение точности контроля неровностей конструктивных слоев дорожных одежд с применением нивелиров типа н - з	55
<b>Л. А. Урханова, А. В. Битуев</b> Использование золы уноса Гусиноозерской ГРЭС в качестве минерального порошка для асфальтобетона	60

### РАЗДЕЛ III

#### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

<b>А. А. Александров</b> «Золотая» пропорция в задачах обработки металлов давлением	66
<b>Д. С. Корчагин</b> Способ динамического проектирования направляющей линии	72
<b>А. А. Ляшков, А. В. Зыкина</b> Геометрическое и компьютерное моделирование профилирования винтовых поверхностей с точечным касанием	78
<b>К. Л. Панчук, А. С. Нитейский</b> Элементы теории соприкасающихся линейчатых поверхностей	84
<b>Т. А. Полякова</b> Решение дифференциальных уравнений свободных и вынужденных крутильных колебаний вала с одной массой	91
<b>Л. Г. Рогулина</b> Автоматизация проектирования систем гарантированного электроснабжения	95
<b>В. Савельев, В. В. Михеев</b> Исследования деформирования упруго-вязкой среды при ударном нагружении	100
<b>Л. Б. Спектор, С. Н. Чуканов</b> Построение наблюдателя для идентификации отказов в динамических системах с учетом выполнения законов сохранения	104

РАЗДЕЛ IV  
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

<b>А. О. Алгазина</b>	Государственная поддержка как фактор активизации взаимодействия предпринимательского и банковского секторов	108
<b>Н. А. Аникина</b>	Практика и перспективы управления транзакционными затратами птицеводческих предприятий	113
<b>Т. А. Боженко</b>	Формирование производственно-предпринимательских сетей в Российской экономике	117
<b>В. В. Бирюков, В. Н. Тарасов, И. В. Бояркина</b>	Методика определения потребности и стоимости дизельного топлива при выполнении погрузочно-транспортных работ в карьере	121
<b>З. В. Глухова, А. И. Фомина</b>	Реальность и перспективы инновационного развития Омской области	124
<b>А. Л. Карпов</b>	Концепция конкурентного пространства предпринимательской деятельности	128
<b>Г. У. Козачун, Е. Ю. Легчилина</b>	Самозанятость как направление государственной политики в области управления человеческими ресурсами в инновационном предпринимательстве	134
<b>Н. В. Рысак</b>	Проблемы собственности и модернизация экономики России	140
<b>К. Э. Сафронов</b>	Концепция формирования доступной транспортной инфраструктуры городов России	145
РАЗДЕЛ V ВУЗОВСКОЕ И ПОСЛЕВУЗОВСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ		
<b>В. А. Сальников, Д. А. Кленин, С. Е. Бебинов, Е. М. Ревенко, А. П. Жигadlo</b>	Динамика успеваемости у учащихся, различающихся индивидуально-психологическими особенностями	154
<b>Е. В. Цупикова</b>	Особенности организации дидактического материала в целях развития логического мышления и памяти студентов в процессе работы с текстовой информацией	161

## CONTENTS

### PART I

#### TRANSPORTATION. TRANSPORT TECHNOLOGICAL MACHINERY

<b>A. I. Demidenko, A. Z. Agliullin</b>	
Rationale chip direction in the scraper bowl when it filling up	7
<b>V. N. Zavyalov, A. N. Samsonov, A. D. Pivovarov, A. V. Gvozdev</b>	
Increase of constructional durability of the steel on the basis of the alloying	11
<b>V. A. Meshcheryakov, W. W. Weber</b>	
Methods of processing the results of experimental investigations of traction mode graders	14
<b>A. I. Ermolayeva, A. I. Terehin, V. A. Paleev</b>	
Rational place of sensor's installation on the traction frame	19
<b>V. S. Shcherbakov, M. S. Korytov, M. Ju. Arhipenko</b>	
Variants of a design and advantage of use automotived double-boom crane	25
<b>J. A. Fedotenko, A. S. Anisovich</b>	
Technology of production of cubiform rubble with use of the Advanced equipment	30

### PART II

#### ENGINEERING. BULDING MATERIALS AND STRUCTURES

<b>J. V. Korchevskaja</b>	
Automation of calculation of filtrational parameters at plane-parallel nalive with application of computer technologies	38
<b>D. A. Kuzmin</b>	
Mathematical model of thin linkages in the structure of triple-skinned cylindrical coverings	41
<b>V. S. Prokopets, E. G. Avvakumov, A. A. Gusev, V. P. Mihaylovskiy</b>	
Preparation and properties of mullite-cordierite ceramics ashes from thermal station	48
<b>V. I. Sologae, N. V. Zolotarev</b>	
Modelling the site by flooding reclaimed electronic tables	51
<b>Yu. V. Stolbov, S. Yu. Stolbova, D. O. Nagaev, K. S. Kokulenko</b>	
Maintenance of accuracy of control of roughness's of constructive layers of road clothes with Application of levels of type n-3	55
<b>L. A. Urkhanova, A. V. Bituev</b>	
Using of fly ash of gusinoozersk state district power station as mineral powder for Asphalt oncrete	60

### PART III

#### MATHEMATICAL MODELING. SYSTEMS OF AUTOMATION DESIGNING

<b>A. A. Alexandrov</b>	
"Gold" proportion in problems of processing of metals pressure	66
<b>D. S. Korchagin</b>	
The method of dynamic designing of a directing line	72
<b>A. A. Lyashkov, A. V. Zykina</b>	
Geometric modeling and computer profiling of screw surfaces With a touch	78
<b>K. L. Panchuk, A. S. Niteisky</b>	
Elements of the theory of ruled surfaces in contact	84
<b>T. A. Polyakova</b>	
The solution of differential equations of free and forced Torsional vibrations of a shaft with a single mass	91
<b>L. G. Rogulina</b>	
Computer-aided design systems, guaranteed	95
<b>S. V. Saveliev, V. V. Mikheev</b>	
Research deformation of elastic – viscous medium under impact loading	100
<b>L. B. Spektor, S. N. Chukanov</b>	
Construction of the observer for fault identification in dynamic systems with performance of Conservation laws	104

**PART IV  
ECONOMICS AND MANAGEMENT**

<b>A. O. Algazina</b> The state support as the factor of activation of interoperability of enterprise and bank sectors	108
<b>N. A. Anikina</b> Practice and future management transaction costs of poultry enterprises	113
<b>T. A. Bozhenko</b> Formation of the enterprise network in light industry on the basis of the system-network approach	117
<b>V. V. Biryukov, V. N. Tarasov, I. V. Boyarkina</b> Method of determining the needs and cost of diesel fuel in loading and transport operations in a career	121
<b>Z. V. Glukhova, A. I. Fomina</b> Reality and prospects of the omsk region innovative development	124
<b>A. L. Karpov</b> The concept of enterprise activity competitive	128
<b>G. U. Kozachun, E. Yu. Legchilina</b> Self-employment as a direction of state policy in the field of human resource management in innovation entrepreneurship	134
<b>N. V. Rysak</b> The problems of the property and the modernization of Russia's economy	140
<b>K. Safronov</b> The concept formation of an accessible transport infrastructure of cities of Russia	145

**PART V  
GRADUATE EDUCATION**

<b>V. A. Salnikov, D. A. Klenin, S. E. Bebinov, E. M. Revenko, A. P. Zhigadlo</b> The dynamics of progress at the pupils, different individually-psychological features	154
<b>H. V. Tsoupikova</b> The features of didactic material arrangement aimed at logical thinking development and memory training of students, dealing with text information	161

**РАЗДЕЛ I**  
**ТРАНСПОРТ.**  
**ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

---

УДК 621.878.6

**ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА ГРУНТА  
ПРИ НАПОЛНЕНИИ КОВША СКРЕПЕРА**

А. И. Демиденко, А. З. Аглиуллин

**Аннотация.** Предложена методика определения направления движения потока грунта в ковше скрепера при его наполнении из условия, что стружка выбирает направление, при котором сопротивление наполнению минимально. Рассмотрены основные результаты при различных формах очертания поверхности грунта в ковше.

**Ключевые слова:** поток грунта, направление движения, вариационная задача.

Для описания процесса наполнения ковша скрепера необходимо определить направление движения потока грунта в ковше. Предположим, что подвижная зона грунта в ковше

представляет собой поток одинакового поперечного сечения, задняя линия которого описывается уравнением  $y = y(x)$  (см. рис. 1).

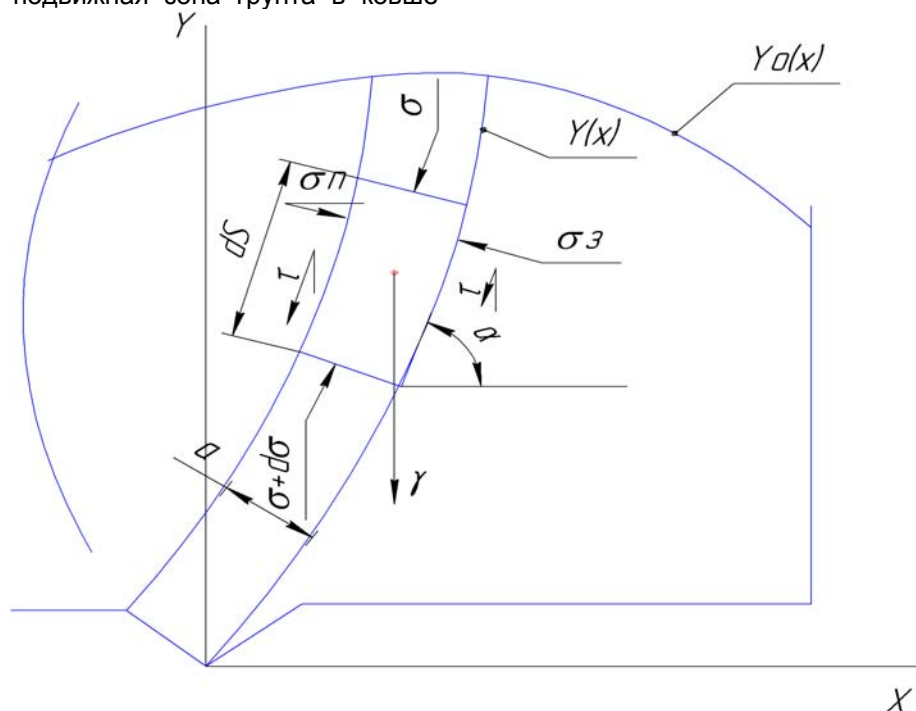


Рис. 1. Схема сил, действующих на бесконечно малый объем грунтового потока

Предположим, что вырезанная стружка в процессе копания выбирает такое направление, при котором сопротивление наполнению минимально.

Выделим двумя плоскостями, нормальными к средней линии потока бесконечно малый объем в потоке грунта. Расстояние между ними, измеренное по дуговой координате, со-

ставляет  $dS$ . Рассмотрим силы, действующие на этот бесконечно малый объем.

Составим уравнение сумм проекций сил на касательную к средней линии в выделенном бесконечно малом объеме грунта

$$\sum T = \tau_n \cdot dS + \tau_3 \cdot dS + 2C \cdot dS + \gamma \cdot a \cdot \sin \alpha + \sigma \cdot a - (\sigma + d\sigma) \cdot a = 0, \quad (1)$$

где  $\tau_n, \tau_3$  - касательные напряжения на передних и задних поверхностях сдвига грунтового потока,  $H / м^2$ ;

$C$  - коэффициент сцепления грунта,  $H / м^2$ ;

$\sigma$  - нормальное давление в произвольном сечении поток,  $H / м^2$ ;

$a$  - толщина потока, м;

$\gamma$  - объемная сила тяжести грунта,  $H / м^3$ ;

$\alpha$  - угол наклона касательной задней линии потока к оси абсцисс.

Учитывая, что

$$\tau_n = f \cdot \sigma_n, \quad (2)$$

$$\tau_3 = f \cdot \sigma_3. \quad (3)$$

после преобразований уравнения (1) получаем дифференциальное уравнение для определения нормального давления в произвольном сечении потока

$$\frac{d\sigma}{dS} = (\sigma_n + \sigma_3) \cdot \frac{f}{a} + \frac{2C}{a} + \gamma \cdot \sin \alpha, \quad (4)$$

где  $f$  - коэффициент внутреннего трения грунта.

$\sigma_n, \sigma_3$  - нормальные давления на переднюю и заднюю плоскости элементарного участка потока,  $H / м^2$ ;

Нормальное давление на переднюю и заднюю грани потока определяется по формуле [2]

$$\sigma_n = \sigma_3 = \gamma \cdot (y_0(x) - y) (\cos^2 \alpha + m \cdot \sin^2 \alpha), \quad (5)$$

где  $m$  - коэффициент бокового давления,  $y_0(x)$  - уравнение свободной поверхности грунта в ковше

Учитывая выражения (2) и (3) и принимая во внимание соотношение

$$dS = \frac{dx}{\cos \alpha}. \quad (6)$$

получим решение уравнения (4)

$$\sigma = \int_0^x \left\{ \gamma \cdot [k \cdot (y_0(x) - y) (\cos \alpha + m \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha) + \operatorname{tg} \alpha] + \frac{2C}{a \cdot \cos \alpha} \right\} \cdot dx, \quad (7)$$

где

$$k = \frac{2f}{a}. \quad (8)$$

Следовательно, задача сводится к определению уравнения задней грани грунтового потока  $y = y(x)$ , при котором функционал (7) имел бы минимальное значение. Однако задача усложняется тем, что точка встречи задней грани потока со свободной поверхностью грунта в ковше неизвестна, и должна определяться в результате решения вариационной задачи. Таким образом, необходимо решать вариационную задачу с одной подвижной границей, методика решения которой дана в [4].

Искомое решение должно удовлетворять уравнению Эйлера

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y'^2} \cdot y'' + \frac{\partial^2 F}{\partial y' \partial y} \cdot y' + \frac{\partial^2 F}{\partial y' \partial x} - \frac{\partial F}{\partial y} = 0, \quad (9)$$

а также условию на свободной поверхности грунта

$$F(x, y, y') + \left[ \frac{dy_0(x)}{dx} - y' \right] \cdot \frac{\partial F}{\partial y'} \Big|_{x=x_k} = 0, \quad (10)$$

где  $F = F(x, y, y')$  - выражение в фигурных скобках в функционале (7)

$$F(x, y, y') = \gamma \cdot [k \cdot (y_0(x) - y) (\cos \alpha + m \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha) - f + \operatorname{tg} \alpha] + \frac{2C}{a \cdot \cos \alpha}. \quad (11)$$

Находим частные производные функции (11), входящие в выражения (9) и (10), учитывая при этом, что

$$\alpha = \operatorname{arctg} y', \quad \frac{d\alpha}{dy'} = \cos^2 \alpha. \quad (12)$$

и подставляя их в уравнение Эйлера (9) получим

$$\{(y_0 - y)[3(m-1) \cdot \cos^5 \alpha + (2-m) \cdot \cos^3 \alpha] + \frac{C}{\gamma \cdot f} \cos^3 \alpha\} \cdot y'' - \quad (13)$$

$$[m \cdot \sin \alpha + (m-1) \sin \alpha \cdot \cos^2 \alpha] \cdot y' + \cos \alpha + m \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha + y_0'(x) \cdot [m \cdot \sin \alpha + (m-1) \sin \alpha \cdot \cos^2 \alpha] = 0$$

Дифференциальное уравнение (13) не имеет аналитического решения, поэтому для численного его решения применим программный комплекс Matlab. Оно должно быть решено с учетом условия (10). Значения функции  $F$  и ее частная производная для точки свободной поверхности грунта имеют вид

$$F(x, y, y') = \gamma \cdot \operatorname{tg} \alpha_x + \frac{2C}{a \cdot \cos \alpha_x}, \quad (14)$$



$$\frac{\partial F}{\partial y'} = \gamma + \frac{2C}{a} \sin \alpha_k. \quad (15)$$

С учетом полученных выражений условие (3.10) преобразуется следующим образом

$$\gamma \cdot \operatorname{tg} \alpha_k + \frac{2C}{a \cdot \cos \alpha_k} + [y'_0(x) - y'] \cdot \left( \gamma + \frac{2C}{a} \sin \alpha_k \right) = 0. \quad (16)$$

При решении задачи известно начальное условие

$$x = 0 \quad y = 0,$$

однако неизвестно начальное значение первой производной искомой функции. Поэтому

задача сводится к поиску начального значения первой производной искомой функции, которая удовлетворяла бы на свободной поверхности условию (16). Решение задачи находится методом последовательных приближений.

Для решения поставленной задачи необходимо иметь уравнение свободной поверхности грунта в ковше, для чего воспользуемся параметрами очертания грунта в ковше скрепера, предложенными проф. Артемьевым К.А. [1], [3] (см. рис.2)

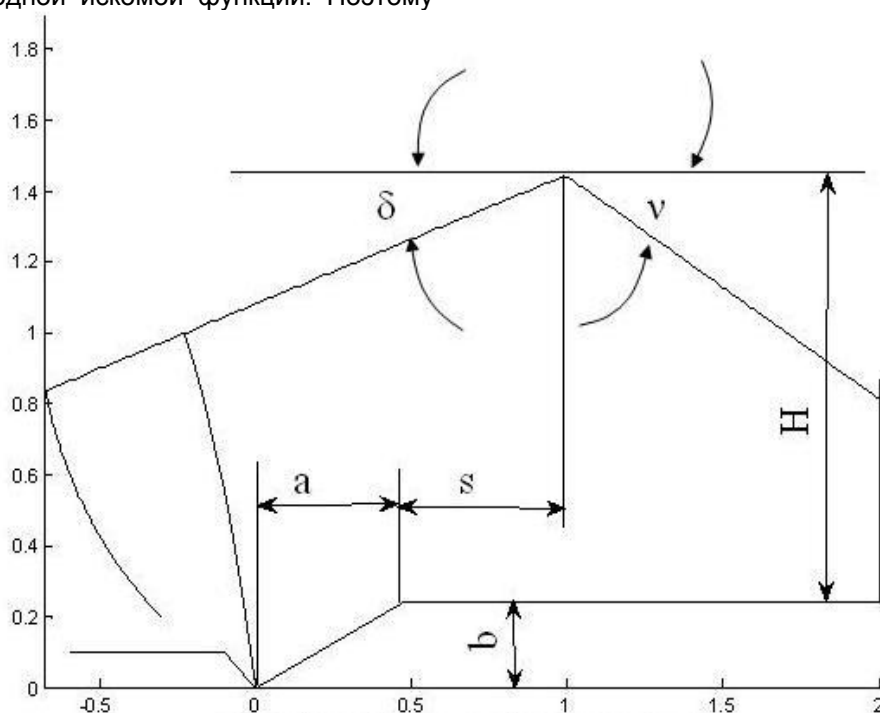


Рис. 2. Линия наименьшего сопротивления прониканию грунтового потока в ковш скрепера при копании с минимальной толщиной стружки

Аппроксимируем свободную поверхность уравнением вида

$$y_0(x) = k_1(x - a_0 - s) + k_2 \sqrt{t^2 + (x + b - a_0 - s)^2} + H + b_0 - \sqrt{t^2 + b^2}, \quad (17)$$

где  $a_0, b_0$  - размеры ножа, измеренные соответственно по горизонтали и вертикали, м

$H$  - высота наполнения грунта в ковше, м  
 $s$  - расстояние от места стыка ножа с дном до вершины грунта в ковше, измеренное по горизонтали, м

$$k_1 = \frac{\operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \nu}{2}, \quad (18)$$

$$k_2 = -\frac{\operatorname{tg} \delta + \operatorname{tg} \nu}{2}, \quad (19)$$

$$b = \frac{a \cdot k_{12}}{\sqrt{1 + k_{12}^2}}, \quad (20)$$

$$k_{12} = \left( \frac{k_1}{k_2} \right)^2, \quad (21)$$

$\delta$  и  $\nu$  - углы, указанные на рис. 2

$t$  - параметр, характеризующий радиус закругления вершины очертания свободной поверхности грунта.

На рис. 2 представлена линия наименьшего сопротивления прониканию грунтового потока в ковш скрепера при копании с минимальной толщиной стружки, полученная по выше изложенной методике

Однако при наполнении ковша со стружкой, отличной от минимальной возможны дру-

гие очертания грунта, например с наполненной передней частью, как показано на рис. 3,

уравнение которой может быть получено из выражения (17) полагая в нем  $\delta = 0$ .

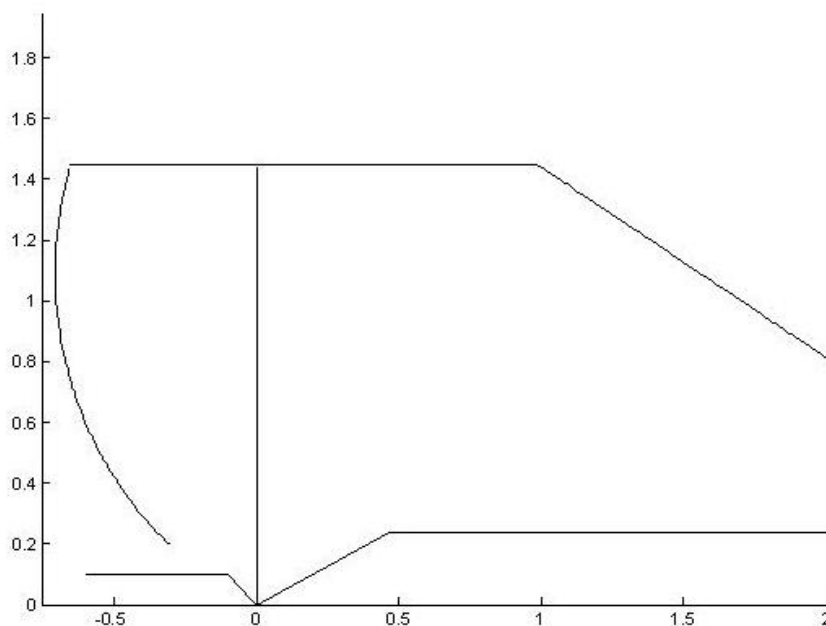


Рис. 3. Линия наименьшего сопротивления прониканию грунтового потока с заполненной передней частью ковша

Из рисунка 3 следует, что при заполненной передней части ковша линия наименьшего сопротивления представляет вертикальную линию

#### Вывод

Линия наименьшего сопротивления движению потока грунта в ковше скрепера меняется в зависимости от очертания свободной поверхности грунта от линии с небольшим наклоном в сторону заслонки до вертикальной.

#### Библиографический список

1. Артемьев К. А. Основы теории копания грунта скреперами /К.А. Артемьев.- М., Свердловск: Машгиз,1963,-128с
2. Далматов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты.- 2-е изд. Перераб. и доп.-Л: Стройиздат, Ленингр. Отд-ние,1988.-415 с.
3. Демиденко А. И. Повышение эффективности скреперных агрегатов: Учебное пособие.- Омск: Издательство СибАДИ, 2005.-282 с.
4. Пантелеев А. В. Вариационное исчисление в примерах и задачах: Учеб. пособие.- М.: Высш. шк., 2006.-272 с.

#### RATIONALE CHIP DIRECTION IN THE SCRAPER BOWL WHEN IT FILLING UP

A. I. Demidenko, A. Z. Agliullin

The article suggests the parameters calculating method of the determining direction of chip in bucket in process of filling up of a scraper bowl and point is chip moves along the path of least resistance. Considered the main results of various shapes of the ground surface in bucket.

*Демиденко Анатолий Иванович - канд. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Техника для строительства и сервиса нефтегазовых комплексов и инфраструктур» СибАДИ. Основные направления научной деятельности: Исследование и повышение эффективности техники для строительства и сервиса нефтегазовых комплексов и инфраструктур. Общее количество опубликованных работ: 114. e-mail: antooooo-85@mail.ru.*

*Аглиуллин Абрик Зайнуллович - СибАДИ ТНКИ. Основные направления научной деятельности: Повышение эффективности скреперов. Общее количество опубликованных работ: 20.*

## ПОВЫШЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ СТАЛИ НА ОСНОВЕ ЛЕГИРОВАНИЯ

В. Н. Завьялов, А. Н. Самсонов, А. Д. Пивоваров, А. В. Гвоздев

**Аннотация.** Осуществлено легирование стали 110Г13Л молибденом и никелем и модифицирование ее гадолинием. У полученных материалов исследованы физико-механические характеристики, влияющие на конструкционную прочностные стали. Установлено, что легирование высокомарганцовистого аустенита элементами Mo, Ni и модифицирование Gd повышает его предел прочности в 1,22 - 1,32 раза, ударную вязкость в 1,55 - 2,09 раза и в 5 - 6 раз снижает содержание серы и фосфора в материале.

**Ключевые слова:** литая сталь, марганцовистый аустенит, легирование, модифицирование, конструкционная прочность материала.

### Введение

Создание новых, более совершенных высоконагруженных деталей и узлов различной техники является важной научной и практической задачей современного машиностроения. Не являются здесь исключением и детали гусеничного движителя специальных машин, тракторов, землеройной техники, и т.п. работающие в уникальных по сочетанию нагрузок, скоростных режимов, изнашивающих и агрессивных факторов условиях [1]. Конечно, сама конструкция основного элемента этого типа движителя - гусеничного трака, играет большую роль в его долговечности, надежности и других технических характеристиках, но определяющую роль в формировании потенциала его прочностных свойств, дает материал, из которого изготовлен данный узел.

В настоящее время для изготовления траков гусеничного движителя специальных машин - тягачей, вездеходов, карьерной техники нашли литые стали 110Г13Л, 38ХС и др. [2]. По износостойкости, отпускной хрупкости, устойчивости к высоким статическим и динамическим нагрузкам, высокомарганцовистая аустенитная сталь 110Г13Л намного превосходит 38ХС и другие аналогичные стали. При деформации на 60-70 % твердость стали 110Г13Л увеличивается в 2-2,5 раз, что объясняется большими искажениями кристаллической решетки, дроблением блоков мозаики, наклепом и даже образованием структуры мартенсита в поверхностных слоях [3]. Но сталь 110Г13Л не сваривается, а механической обработке поддается, только полностью имея структуру однородного марганцовистого аустенита с НВ=200-230, после закалки с 1050-1100 °С в воде, поэтому из нее удается получать готовые детали только по литейной технологии.

В то же время известна и высокая чувствительность стали 110Г13Л к условиям плавки и незначительному изменению содержания С, Si, S и других элементов, приводящему к невоспроизводимости таких параметров ее конструкционной прочности как  $\sigma_B$ ,  $\sigma_{0,2}$ ,  $\psi$ ,  $\delta$  и КСЧ (ГОСТ 977-88, 21357-87), поэтому целенаправленное управление значениями физико-механических характеристик образцов плавок стали 110Г13Л, идущей на изготовление траков гусениц спецмашин и устанавливаемых по соглашению потребителя с изготовителем, не технологическими, а материаловедческими факторами является актуальной задачей.

В то же время известно, что легирование близких по свойствам к стали 110Г13Л высокомарганцовистых наплавочных материалов типа DFMB, DFME и пр. Cr, Ni и Mo, повышает не только пластичность, но и свариваемость материала, что немаловажно при ремонте и восстановлении литых деталей [4], а отпускная хрупкость отливок хорошо устраняется модифицированием материала редкоземельными металлами (РЗМ).

Целью настоящей работы являлось получение стали 110Г13Л, легированной Mo и Ni, а также модифицированной РЗМ, и исследование ее физико-механических свойств, влияющих на конструкционную прочность материала.

### Экспериментальная часть

Для получения марганцовистой стали 110Г13Л использовали низкоуглеродистую сталь Ст3 (ГОСТ 380-71) и ферросплавы: ФМн78 (ГОСТ 4755-91), ФМо60 (ГОСТ 4759-91), ФН-12Х (ТУ 48-3500-9-94), расчетное количество которых добавляли в исходную шихту.

Плавку осуществляли в индукционной печи ИСТ-0,25/0,32И1 (ОАО «Индуктор», г. Новокузнецк) емкостью 200 кг с хромомагнетитовой (основной) футеровкой под флюсом состава, мас. %: известь негашеная - 80, магнетит металлургический - 15, плавиковый шпат - 5. Металл раскисляли силикокальцием СК15 (ГОСТ 4762-71) и окончательно - алюминием (ГОСТ 11069-2001), присадкой в ковш при выпуске и перед подачей РЗМ.

В качестве модификатора использовали 75 % феррогадолиний IG75 (производство КНР), который вводили на штанге вместе с СК15 в разливочный ковш при его заполнении металлом на 1/3.

Химический состав стали устанавливали атомно-эмиссионным и рентгенофлуоресцентным методом на приборах FOUNDRY MASTER UV (ОАО «Алтайвагон», г. Новоалтайск) и ALPHA SERIES™ 2000 (ФГБОУ ВПО «АлтГУ», г. Барнаул).

Механические испытания образцов проводили на машине Р-5 по ГОСТ 1497-84, ударную вязкость по ГОСТ 9454-78. Влияние чувствительности к надрезам и предела выносливости определяли по ГОСТ 2860-65 на машине МУИ-6000 при 10<sup>7</sup> симметричных циклах нагружения.

**Результаты и их обсуждение**

Известно, что эффективность влияния легирующих элементов на прочность аустенитных упрочняемых сталей, к которым относится

и 110Г13Л, возрастает в следующем порядке: Ni, V, Mo, Cr, Mn. Это связано с увеличением энергии упругого искажения решетки твердого раствора Fe-Me с ростом разности между атомными радиусами, модулями упругости и валентностями легирующего элемента [5]. Кроме того на прочностные свойства сплава влияет предел растворимости легирующего элемента в γ-фазе.

Конструкционная прочность материала возрастет с увеличением количества элементов, стабилизирующих мартенситную структуру стали 110Г13Л, а также суммарного количества растворенных атомов в элементарной ячейке Fe-раствора при комплексном легировании.

Ранее, для исследования свойств сложнолегированного марганцовистого аустенита, в [6] был предложен оригинальный метод оценки эффективности влияния отдельных элементов по их концентрациям, эквивалентным определенному количеству Mo. Так 1 % Mo в стали 110Г13Л эквивалентно: 2,8 % Ni, 1,5 % V, 0,6 % Cr; 0,55 % Mn.

Поэтому нами были получены 4 плавки стали 110Г13Л с близким фазовым составом, содержащие различные количества легирующих элементов, эквивалентные 1 % Mo.

Состав опытных плавки стали 110Г13Л приведен в табл. 1.

Таблица 1 - Состав опытных плавки стали 110Г13Л

	Содержание элемента, %						
	C	Mn	Si	Cr	X	S	P
	0,65	13,3	0,32	-	-	0,01	0,02
	1,15	13,3	0,54	0,57	0,3Mo	0,02	0,02
	1,15	13,3	0,55	0,57	0,6Mo	0,01	0,02
	0,74	13,3	0,38	0,63	2,88Ni	0,01	0,02

Примечание: X - легирующий элемент из группы Ni, Mo.

В качестве критериев для первоначальной оценки эффективности легирования и модифицирования стали 110Г13Л нами были приняты эффективный коэффициент концентрации напряжений  $K_\sigma$  и показатель чувствительности материала к надрезам  $q$ , рассчитываемые по формулам 1-2:

$$K_\sigma = \sigma_{-1} / \sigma_{-1k}, \tag{1}$$

$$q = (K_\sigma - 1) / (\alpha_\sigma - 1), \tag{2}$$

где  $\sigma_{-1}$  - предел выносливости гладкого образца,  $\sigma_{-1k}$  - предел выносливости напря-

женного образца,  $\alpha$  - теоретический коэффициент концентрации напряжений.

Данные, приведенные в табл. 2, свидетельствуют о более высоком уровне конструкционной прочности и выносливости комплекснолегированной стали по сравнению с исходной.

Так легирование стали 110Г13Л элементами Mo и Ni снижает ее чувствительность к концентраторам напряжений. Напротив, при испытании гладких образцов усталостная прочность обычной и модифицированной сталей практически одинакова (табл. 2).

Таблица 2 - Прочностные характеристики образцов из опытных плавов стали 110Г13Л

№	Параметр							
	$\sigma_B$	$\sigma_\sigma$	$\delta$	$\psi$	KCU	$\sigma$	$K_\sigma$	$q$
1	623	386	17,2	38,4	510	263	0,74	2,3
2	851	684	17,5	38,7	840	350	0,69	1,0
3	847	680	18,4	40,6	1070	345	0,75	1,1
4	792	639	17,6	39,2	792	322	0,72	1,2

Примечание: KCU измерена при 20 °С.

Полученные результаты могут быть обусловлены характером формирующихся при литье неметаллических включений, их формой и расположением в материале. Структура литой стали после термического улучшения (закалка 860-880°С, отпуск 590-610°С) у всех вариантов плавов оказалась идентичной и представлена сорбитом отпуска.

Раскисление и модификация стали 110Г13Д добавкой Gd снижает растворимость серы, фосфора и кислорода (табл. 1). В результате при кристаллизации отливки в ней интенсивно идут процессы зарождения большого количества мелких кристаллов новых неметаллических фаз (сульфидов, фосфидов, оксисульфидов и др.), формирующих как на границах зерен, так и в объеме всей отливки, что обеспечивает ее дисперсное упрочнение.

Размер аналогичных включений в необработанном модификаторами металле выше а их морфология иная, что повышает хрупкость такого материала (табл. 2). Это можно определить, например, при исследовании микроструктуры неоднородности немодифицированной стали с помощью электронного микроскопа [7].

Выявленное снижение чувствительности к надрезу и предела выносливости у модифицированной стали 110Г13Л, по-видимому, обусловлено тем, что глобулярные РЗМ-содержащие частицы не способствуют зарождению усталостных трещин и их развитию.

Напротив, вытянутые остроугольные включения сульфидов марганца в немодифицированной стали, содержащей Cr, могут служить концентраторами напряжений и обуславливать возникновение усталостных трещин.

#### **Выводы**

1. Проведены исследования прочностных свойств стали 110Г13Л легированной Mo, Ni и модифицированной Gd.

2. Установлено, что введение в состав высокомарганцовистого аустенита Mo до 0,6 а

Ni до 2,88 мас. % позволяет повысить  $\sigma$  материала от 1,22 до 1,32 раза, а его ударную вязкость от 1,55 до 2,09 раза.

3. Модифицирование стали 110Г13Л феррогадолинием позволяет снизить содержание серы и фосфора в материале в 5 и 6 раз, соответственно, и уменьшить его отпускную хрупкость.

#### **Библиографический список**

1. Чобиток В. А., Данков Е. В., Брижинев Ю. Н. и др. Конструкция и расчёт танков и БМП. -М.: Воениздат, 1984.
2. Кривцов Ю. С., Горобченко С. Л. Развитие литых сталей. // Материалы в машиностроении. 2010. №5(68). С. 62-67.
3. Мулявко Н. М. Анализ эксплуатационной стойкости отливок из стали 110Г13Л. // Известия Челябинского научного центра. 2001. Вып. 4(13). С. 28-30.
4. Welding Materials for Heat Resistant Alloy & Nickel Alloy. // Электрон. ресурс. режим доступа: <http://www.tokai-yogyo.co.jp/english/product/index.html#item01>
5. Рудюк С. И., Михайлова И. В., Томенко Ю. С. Влияние легирования и термической обработки на свойства заэвтектидных сталей для прокатных валков. // Металловедение и термическая обработка металлов. 1990. № 4. С. 21-24.
6. Филиппов М. А. Разработка новых и немагнитных сталей на основе исследования фазовых превращений в марганцовистом аустените. Дисс. докт. техн. наук. Екатеринбург: УПИ, 1993.
7. Цуркан Д. А., Корзунин Ю. К., Расщупкин В. И. Повышение эксплуатационной надёжности машин. // Омский научный вестник. 2010. №2. С.113-11.

#### **INCREASE OF CONSTRUCTIONAL DURABILITY OF THE STEEL ON THE BASIS OF THE ALLOYING**

V. N. Zavyalov, A. N. Samsonov,  
A. D. Pivovarov, A. V. Gvozdev

The steel alloying 110Г13Л by molybdenum and nickel and modifying by its gadolinium is carried out. At the received materials the physicomechanical characteristics influencing on

constructional durability of a steel are investigated. It is established that the alloying highmanganesian austenite elements Mo, Ni and modifying Gd raises its strength in 1,22 - 1,32 times, impact strength in 1,55 - 2,09 times and in 5 - 6 times are reduced by the sulfur and phosphorus maintenance in a material.

*Завьялов Виктор Николаевич - кандидат техн. Наук, доцент. Основные направления научной деятельности: Расчет конструкции и повышение их надежности. Общее количество опубликованных работ: 12.*

*Самсонов Александр Николаевич – соискатель, ст. преподаватель военно-учебного центра СибАДИ. Основные направления научной деятельности: Автомобильный транспорт. Общее количество опубликованных работ: 6.*

*Пивоваров Артем Дмитриевич - инженер, преподаватель. Основные направления научной деятельности: Расчет конструкции и повышение их надежности. Общее количество опубликованных работ: 1.*

*Гвоздев Александр Валерьевич - Основные направления научной деятельности: Автомобильный транспорт. Общее количество опубликованных работ: 3.*

УДК 621.878:629

### МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЯГОВОГО РЕЖИМА АВТОГРЕЙДЕРА

В. А. Мещеряков, В. В. Вебер

**Аннотация.** Предложена методика обработки экспериментальных данных, полученных при исследовании рабочего процесса автогрейдера. Методика основана на положениях теории цифровой обработки сигналов.

**Ключевые слова:** автогрейдер, экспериментальные исследования, цифровая обработка сигналов.

#### Введение

Исследование динамики рабочего процесса автогрейдера требует измерения и регистрации большого количества показателей, быстро изменяющихся во времени. При исследовании тягового режима интерес представляют сила сопротивления копания грунта, скорость машины, буксование, тяговая мощность [1].

С целью оценки адекватности математической модели тягового режима автогрейдера выполнены автоматизированный сбор и обработка экспериментальных значений силы сопротивления копания грунта  $P$ , скорости машины  $v$ , коэффициента буксования  $\delta$ , тяговой мощности  $N$  [4]. Сбор данных выполнен с помощью бортового измерительного комплекса (БИК) на основе ЭВМ.

#### Методика обработки данных

Перед установкой измерительного комплекса на автогрейдер выполнена тарировка датчика усилия и настройка усилителя сигнала тензодатчика. На каждом шаге нагружения

на гидравлическом прессе известному значению нагрузки  $P_T$  ставится в соответствие значение напряжения  $U_T$  усиленного сигнала с тензодатчика [2]. В результате обработки измеренных зависимостей между  $U_T$  и  $P_T$  методом наименьших квадратов в MATLAB получена линейная аппроксимирующая зависимость  $P(U)$  (уравнение регрессии), необходимая для пересчета электрического напряжения ( $U$ ) в усилие ( $N$ ):

$$P = 6,2 \cdot 10^4 - 2,7 \cdot 10^4 U_T. \quad (1)$$

Экспериментальные исследования выполнены при полевых испытаниях автогрейдера ДЗ-98. Для проведения эксперимента был выбран горизонтальный прямолинейный участок грунтовой дороги длиной 180 м, грунт II категории (супесь). Работа велась на первой передаче трансмиссии с включенным передним мостом. Выполнен рабочий проход – зарезание и перемещение грунта основным отвалом. Угол резания составлял  $40^\circ$ , угол захвата –  $50^\circ$ .

Полученные в ходе эксперимента первичные данные – это аналоговые электрические сигналы с датчиков. Выполнена дискретизация сигналов при помощи аналогового цифрового преобразователя (АЦП). Оцифрованные сигналы  $U_P$  (напряжение с датчика усилия),  $U_B$  (напряжение с датчика частоты вращения ведущего колеса),  $U_{\Pi}$  (напряжение с датчика частоты вращения «пятого колеса») сохранены на жесткий диск ЭВМ. Задана частота дискретизации сигналов во времени  $t$  300 Гц.

Обработка полученных экспериментальных данных основана на положениях теории

случайных процессов и цифровой обработки сигналов. Среда программной обработки – MATLAB [3,5].

Значения напряжения  $U_P(t)$  с помощью уравнения (1) пересчитаны в значения силы сопротивления копания  $P(t)$  (рис. 1). На этапе тарировки получены коэффициенты аппроксимирующего полинома  $a = \{6,2 \cdot 10^4; -2,7 \cdot 10^4\}$ . Значение силы  $P(t)$  рассчитывается с помощью функции MATLAB 'polyval()'.

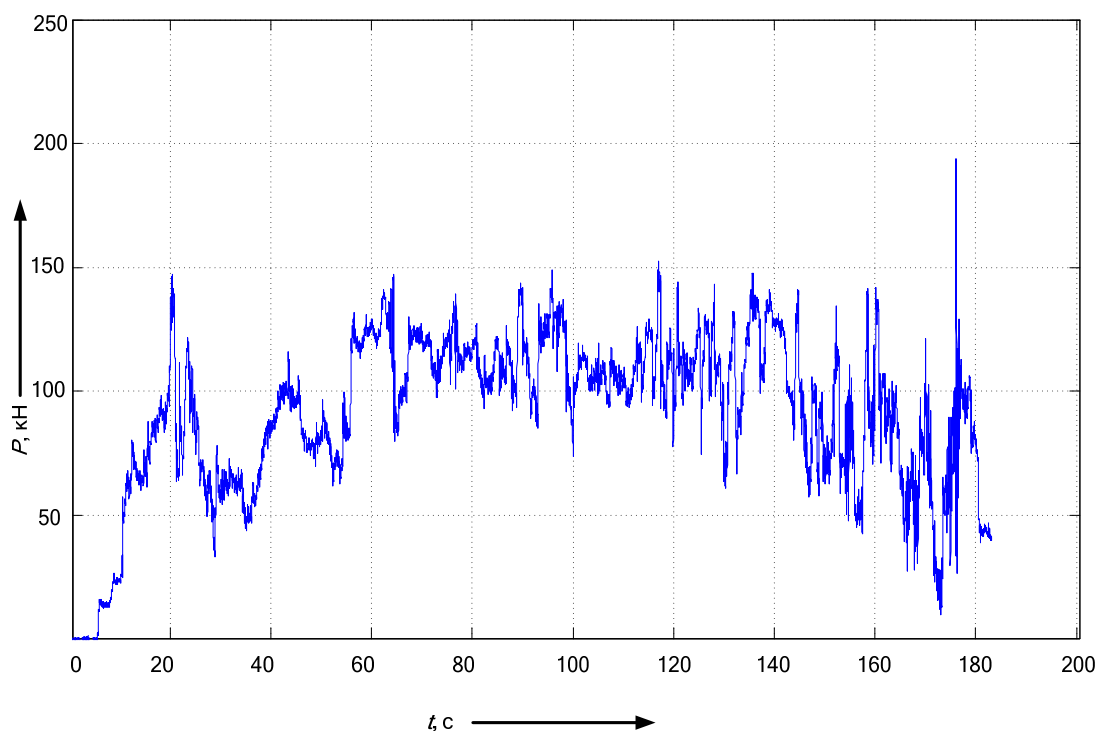


Рис. 1. – Сила сопротивления копанию

Путем обработки данных эксперимента получена действительная скорость машины  $v(t)$ . По той же методике для оценки коэффициента буксования  $\delta$  получена теоретическая скорость машины  $v_T$ . Теоретическая

скорость машины получена путем обработки сигнала с датчика частоты вращения ведущего колеса – напряжения  $U_B(t)$ . За один оборот колеса магниторезистивный датчик формирует 90 импульсов напряжения (рис. 2).

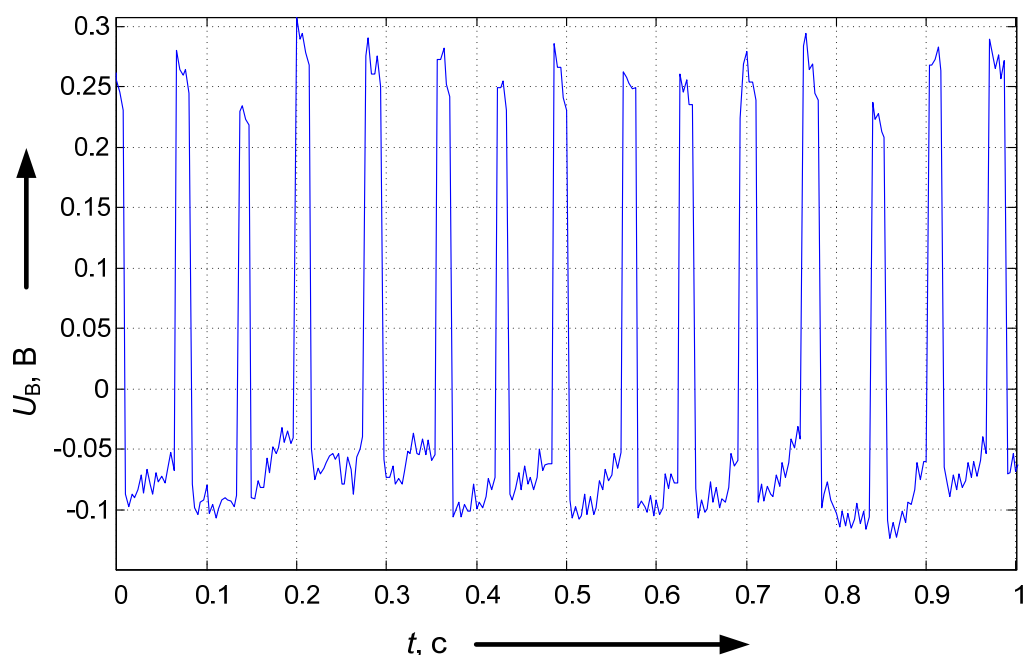


Рис. 2. Напряжение с датчика угловой скорости ведущего колеса

Вычислены конечные разности между соседними отсчетами сигнала  $U_B(t)$  при помощи функции MATLAB 'diff' [5]:

$$dU(i) = U_B(i) - U_B(i-1). \quad (2)$$

Определяем моменты времени передних и задних фронтов импульсов сигнала  $U_B(t)$  (рис. 3).

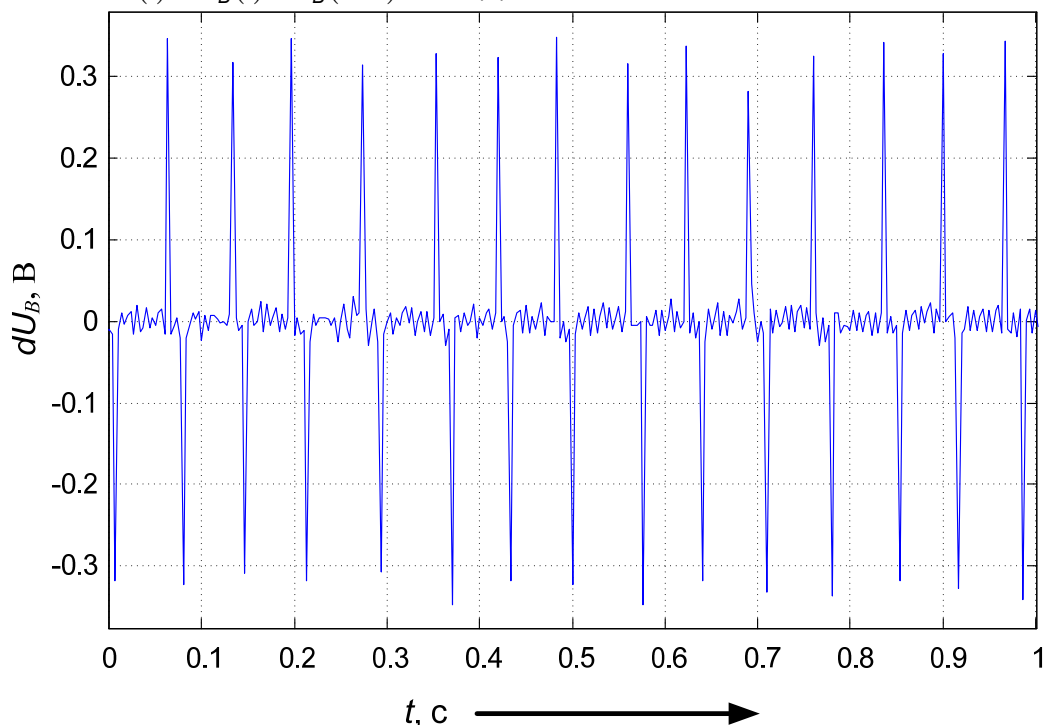


Рис. 3. К определению моментов времени фронтов импульсов

Моменты передних фронтов определяются условием

$$U_B(t_B^+) > U_{\Pi},$$



где  $U_{II}$  - заданное пороговое значение. Моменты задних фронтов определяются условием

$$U_B(t_B^-) < -U_{II}.$$

Результатом нахождения моментов времени фронтов импульсов являются массивы моментов времени  $t_B^+$  и  $t_B^-$ .

Находим частоту оборотов ведущего колеса по интервалам времени между фронтами импульсов с датчика. Конечные разности массива моментов времени  $t_B$ :

$$dt_B(i) = t_B(i) - t_B(i-1). \quad (3)$$

Частота вращения колеса (об/с)

$$f(t_B) = \frac{1}{90} \cdot \frac{1}{dt_B}. \quad (4)$$

Информация о частотах, измеренных по передним и задним фронтам импульсов, объединена с помощью функции MATLAB 'unique()' [3]. Получена теоретическая ско-

рость  $v_T(t_B)$  как сигнал в зависимости от массива времени с неравномерным шагом  $t_B$ :

$$v_T(t_B) = 2\pi \cdot r \cdot f(t_B), \quad (5)$$

где  $r$  - радиус колеса.

При помощи одномерной линейной табличной интерполяции сигнала  $v_T(t_B)$  определена зависимость теоретической скорости от времени с частотой 300 Гц  $v_T(t)$ . Интерполяция выполнена при помощи функции MATLAB 'interp1()'.

При изменении частоты дискретизации в сигнале могут появиться так называемые «ложные частоты» [Сергиенко]. Для их устранения полученные значения теоретической скорости пропускаем через дискретный фильтр нижних частот (ФНЧ). Использованы функции MATLAB 'fir1()' и 'filter2()' [3].

Для выявления тенденций в сигнале  $v_T(t)$  устранены высокочастотные колебания с помощью сглаживания сигнала простой скользящей средней при помощи функции MATLAB 'smooth()' (рис. 4).

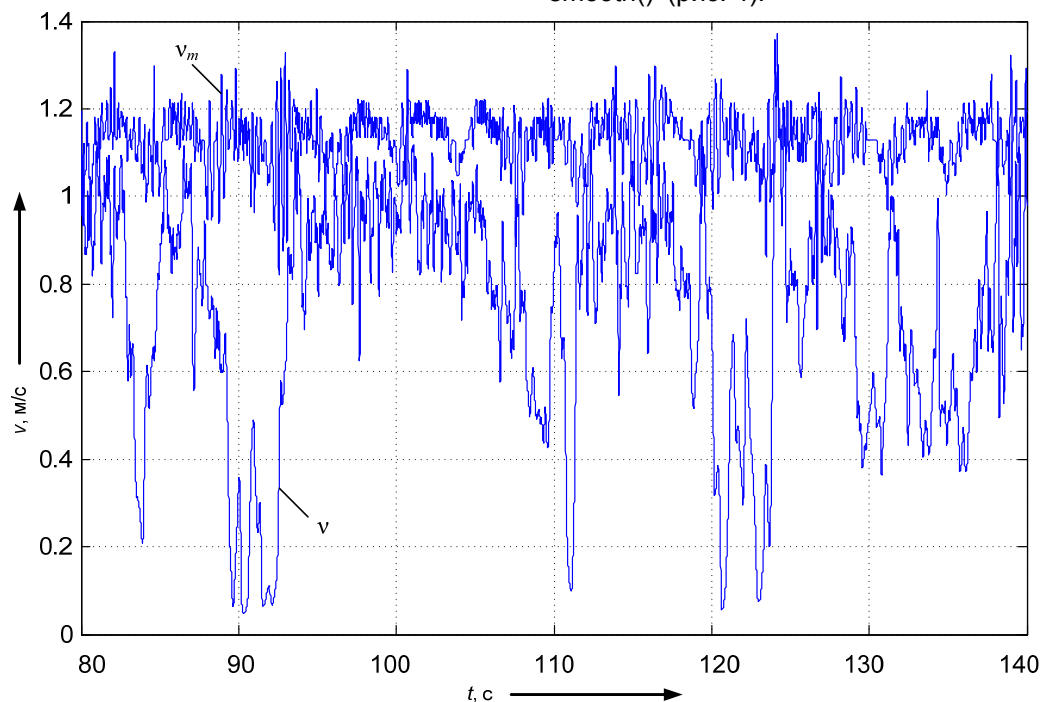


Рис. 4. Действительная и теоретическая скорости автогрейдера

Аналогично с помощью ведомого «пятого колеса» определена действительная скорость  $v(t)$  автогрейдера (рис. 4).

Рабочий процесс автогрейдера сопровождается значительными колебаниями коэффициента буксования [1]:

$$\delta(t) = \frac{v_T(t) - v(t)}{v_T(t)}. \quad (6)$$

Коэффициент буксования рассчитан на основе теоретической и действительной скоростей автогрейдера на временном интервале 80–140 секунд. Сглажены мелкие случай-

ные колебания коэффициента буксования с помощью простой скользящей средней (рис. 5).

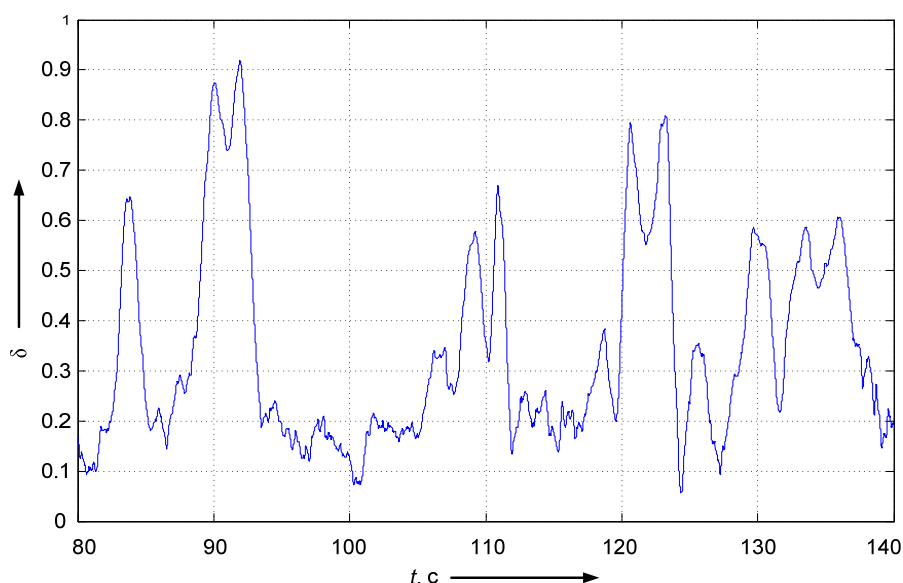


Рис. 5. Коэффициент буксования

Тяговая мощность автогрейдера [1], затрачиваемая на копание грунта, определена как

$$N(t) = P(t) \cdot v(t) \quad (7)$$

Временной интервал для номинальной загрузки привода автогрейдера представлен на рис.6.

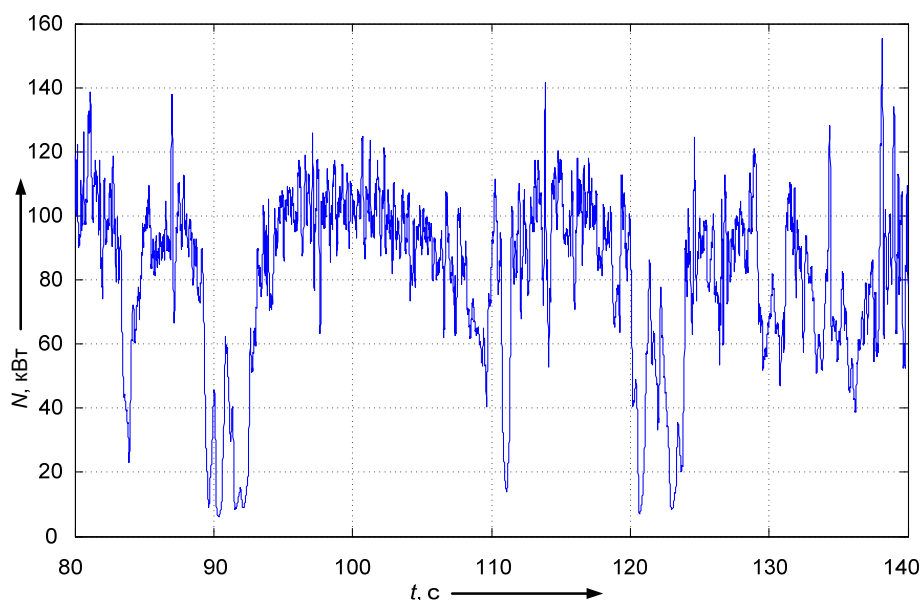


Рис. 6. Тяговая мощность

### Заключение

Согласно разработанной методике, все экспериментально измеренные сигналы приведены к одной частоте дискретизации 300 Гц, устранены случайные высокочастот-

ные колебания и «ложные частоты». Полученные экспериментальные значения показателей рабочего процесса использованы для получения экспериментальных зависимостей между переменной нагрузкой на отвале, ско-

ростью машины, буксованием, тяговой мощностью, что позволит оценить адекватность математической модели тягового режима автогрейдера.

### Библиографический список

1. Ульянов Н. А. Колесные движители строительных и дорожных машин. Теория и расчет. – М.: Машиностроение, 1982. – 279 с.
2. Мещеряков В. А. Нейросетевое адаптивное управление тяговыми режимами землеройно-транспортных машин: Монография. – Омск: ОмГТУ, 2007. – 219 с.
3. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.
4. Мещеряков В. А., Вебер В. В. Результаты экспериментальных исследований рабочего процесса автогрейдера ДЗ-98: Сб. науч. тр. №1 – Омск: Изд-во СибАДИ, 2011. – С. 155–157.
5. Ануфриев И. Е. MATLAB 7. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.

### METHODS OF PROCESSING THE RESULTS OF EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF TRACTION MODE GRADERS

V. A. Meshcheryakov, W. W. Weber

The procedure of processing of the motor grader experimental investigation data is suggested. The procedure is based on the digital signal processing theory.

*Мещеряков Виталий Александрович - Доктор технических наук, доцент, Профессор. Основные направления научной деятельности б: - идентификация, моделирование, управление рабочими процессами строительных машин;- интеллектуальные системы управления;- совершенствование конструкций машин;- моделирование экономических систем. Общее количество опубликованных работ: 86. e-mail:mva@webservis.ru*

*Вебер Виталий Викторович - Зав. лабораторией каф. СМ СибАДИ. Основные направления научной деятельности моделирование, управление рабочими процессами строительных машин. Общее количество опубликованных работ: 6. e-mail:veber\_vit@mail.ru*

УДК 625.058

## ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО МЕСТА УСТАНОВКИ ДАТЧИКА ПОЛОЖЕНИЯ ОТВАЛА НА ТЯГОВОЙ РАМЕ АВТОГРЕЙДЕРА

В. А. Палеев, А. И. Терёхин, А. И. Ермолаева

**Аннотация.** Приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований по определению величины инерционных возмущающих воздействий на датчики систем стабилизации, установленные на тяговой раме автогрейдера. Определены ускорения, действующие на чувствительный элемент системы стабилизации. Выбрано наиболее рациональное место установки датчика.

**Ключевые слова:** автогрейдер, датчики, тяговая рама, отвал, ускорение.

Современные автогрейдеры достаточно широко оснащаются различными системами, позволяющими математически поддерживать заданные поперечные уклоны и высотные отметки продольного профиля [1].

Одним из способов контроля и автоматического поддержания заданных поперечных уклонов обрабатываемой поверхности является установка маятниковых датчиков различных конструкций на тяговой раме автогрейдера [2].

Результаты экспериментальных исследований с различными системами стабилизации положения отвала показали, что выбор места крепления маятникового датчика на тяговой раме оказывает существенное влияние на устойчивость работы системы и точность установки отвала в заданное положение [3,4]. Причиной являются инерционные возмущающие воздействия, действующие на маятниковый датчик.

Инерционные воздействия на маятниковый датчик возникают при включении гидроцилиндров подвеса тяговой рамы, а также передаются от колёс автогрейдера, перекачивающихся по неровностям дорожного профиля.

В данной работе приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований по определению величины инерционных возмущающих воздействий на датчики систем стабилизации, установленные на тяговой раме автогрейдера, выбору на тяговой раме зон рациональной установки датчиков систем стабилизации положения отвала.

Экспериментальная часть исследований была проведена на автогрейдере ДЗ-99. Теоретическая часть задачи была решена с по-

мощью пространственной математической модели автогрейдера. На рис.1 приведена расчётная схема, на которой автогрейдер представлен в виде пятимассовой динамической системы – передней оси, тяговой рамы с отвалом, левого и правого балансиров, основной рамы. Система дифференциальных уравнений, описывающих перемещение основных элементов автогрейдера, представлена в векторном виде:

$$\mathbf{A}_q \cdot \mathbf{X}'' + \mathbf{B}_q \cdot \mathbf{X}' + \mathbf{C}_q \cdot \mathbf{X} = \mathbf{F}_q, \quad (1)$$

где  $\mathbf{F}_q$  - вектор-столбец обобщённых сил,  $\mathbf{X}$ ,  $\mathbf{X}'$ ,  $\mathbf{X}''$  - вектор - столбцы обобщённых перемещений, скоростей и ускорений,  $\mathbf{A}_q$ ,  $\mathbf{B}_q$ ,  $\mathbf{C}_q$  – матрицы коэффициентов инерции, трения и упругости.

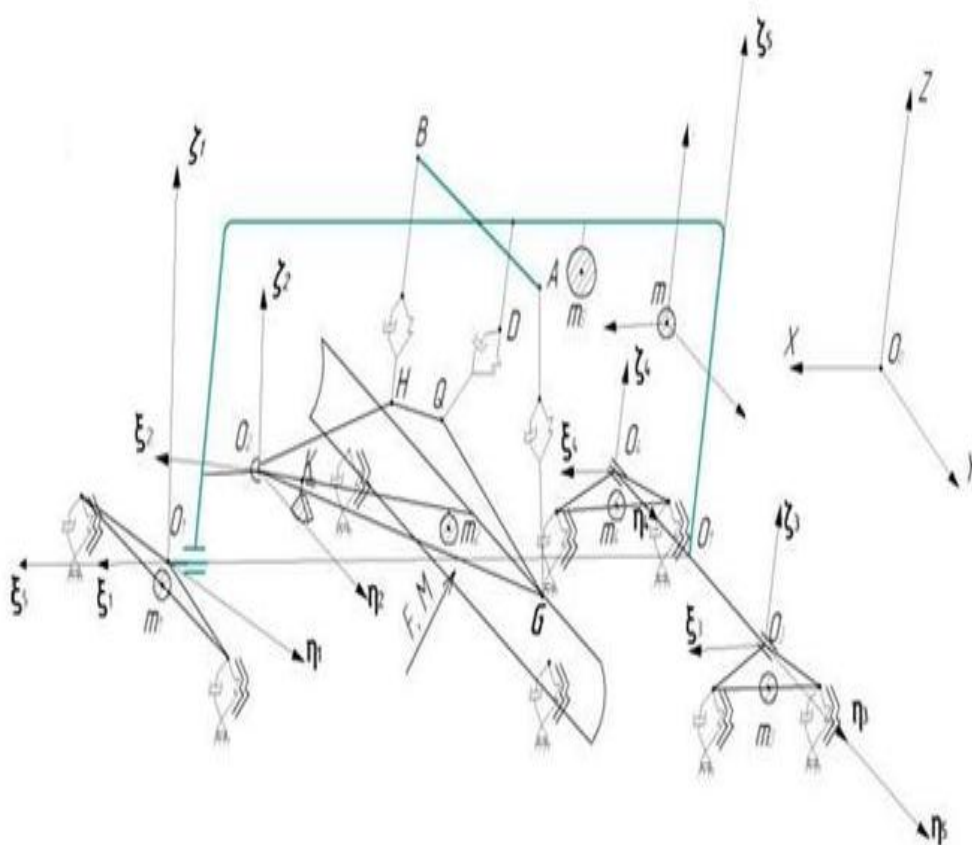


Рис. 1. Расчётная схема автогрейдера

С помощью математической модели автогрейдера можно определить ускорения, действующие на чувствительный элемент гидромеханической системы стабилизации.

Для этого в системе XYZ определим координаты точки подвеса маятникового датчика к тяговой раме автогрейдера (точки K):

$$\begin{pmatrix} X_K \\ Y_K \\ Z_K \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \end{pmatrix} + M_{amp1} \begin{pmatrix} X_{0(O2)} \\ Y_{0(O2)} \\ Z_{0(O2)} \end{pmatrix} + M_{amp2} \begin{pmatrix} \xi_{2(K)} \\ \eta_{2(K)} \\ \zeta_{2(K)} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где  $M_{атр1}$  и  $M_{атр2}$  – матрицы преобразования координат, формируемые на основе углов поворота (тангажа, рыскания и крена) автогрейдера в целом, и углов поворота (тангажа, рыскания и крена) тяговой рамы [5],  $X_{0(O2)}$ ,  $Y_{0(O2)}$ ,  $Z_{0(O2)}$  – координаты начала локальной системы тяговой рамы  $O_2\xi_2\eta_2\zeta_2$  в связанной с автогрейдером системе  $mX_0Y_0Z_0$ ,  $\xi_{2(K)}$ ,  $\eta_{2(K)}$ ,  $\zeta_{2(K)}$  – координаты точки К (точки подвеса маятника) в локальной системе тяговой рамы  $O_2\xi_2\eta_2\zeta_2$ ,  $X_m$ ,  $Y_m$ ,  $Z_m$  – координаты начала связанной с автогрейдером системы  $mX_0Y_0Z_0$  в инерциальной системе отсчёта  $OXYZ$ .

Перемещение точки К по оси Y определяем по формуле:

$$Y_K = Y + \rho_3 * \psi + \rho_4 * \theta + \rho_5 * \varphi + \rho_6 * \psi_2 + \rho_7 * \theta_2 + \rho_8 * \varphi_2, \quad (3)$$

где  $\psi$ ,  $\theta$ ,  $\varphi$  – углы тангажа, крена и рыскания автогрейдера,  $\psi_2$ ,  $\theta_2$ ,  $\varphi_2$  – углы тангажа, крена и рыскания тяговой рамы (определяются путём численного решения системы урав-

нений (1)),  $\rho_{13} \dots \rho_{18}$  – частные производные по обобщенным координатам от функции  $Y_K$ , определяемой уравнением (2).

$$\rho_{13} = \frac{\partial Y_K}{\partial \psi}; \rho_{14} = \frac{\partial Y_K}{\partial \theta}; \rho_{15} = \frac{\partial Y_K}{\partial \varphi}; \rho_{16} = \frac{\partial Y_K}{\partial \psi_2}; \rho_{17} = \frac{\partial Y_K}{\partial \theta_2}; \rho_{18} = \frac{\partial Y_K}{\partial \varphi_2}.$$

Ускорение точки К по оси Y определим двукратным численным дифференцированием и определим, как изменяется величина ускорений, действующих на маятниковый датчик, в различных точках тяговой рамы.

Для этого воспользуемся методом полного факторного эксперимента (ПФЭ)  $2^3$ .

Метод полного факторного эксперимента  $2^3$  предполагает проведение восьми независимых опытов. На рис. 2. изображено положение области эксперимента на тяговой раме автогрейдера – восемь точек, в которых опре-

делялось ускорение  $\ddot{Y}_K$ . В таблице 1 приведены области определения факторов, интервалы варьирования, координаты нулевой точки эксперимента и соответствующие им кодированные значения факторов.

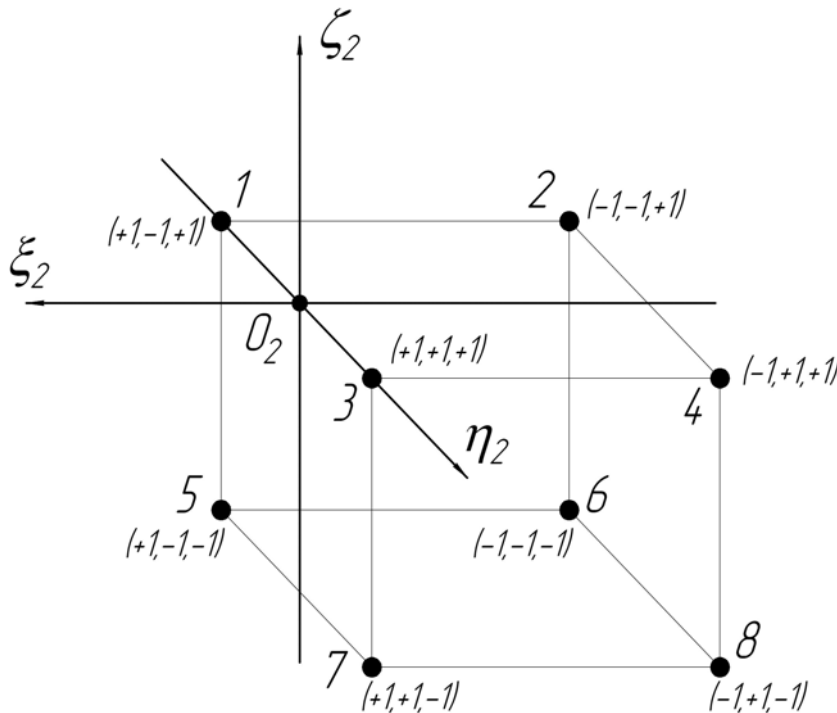


Рис. 2. Положение области эксперимента на тяговой раме автогрейдера

Таблица 1 - Интервалы варьирования и кодированные значения факторов ПФЭ 2<sup>3</sup>

Факторы	Уровни факторов			Интервал варьирования	Область определения	
	-I	0	+I		Верхние границы	Нижние границы
$\xi_2$	- 0,5 м	-0,25м	0	0,5 м	0	-1,8 м
$\eta_2$	-0,25м	0	+0,25м	0,5 м	+0,5 м	-0,5 м
$\zeta_2$	-0,5 м	-0,25 м	0	0,5 м	+0,3 м	-0,5 м

Ускорение точек тяговой рамы определялось при ступенчатом возмущающем воздействии на колесо передней оси, на отвал и на колесо балансирной тележки автогрейдера.

В таблице 2 приведена матрица планирования ПФЭ 2<sup>3</sup>, в которой даны уровни факторов и максимальные значения амплитуд ускорений, полученных при ступенчатом воздействии:

- на колесо передней оси (I);
- на отвал (II);
- на колесо балансирной тележки автогрейдера (III)

Коэффициенты регрессии определялись по формуле [7]:

$$\hat{a}_i = \frac{\sum_{u=1}^N X_{iu} * y_u}{N}, \quad (4)$$

где i – номер столбца в матрице планирования;

u – номер опыта (номер строки в матрице планирования);

N – число опытов;

y – функция отклика;

x- кодированное значение фактора в матрице планирования эксперимента

Таблица 2 - Матрица планирования эксперимента ПФЭ 2<sup>3</sup>

№ ОПЫТА	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	ФУНКЦИЯ ОТКЛИКА м/с <sup>2</sup>			
									Y <sub>1</sub>	Y <sub>11</sub>	Y <sub>111</sub>	Y <sup>1</sup> <sub>111</sub>
1	+	+	-	+	-	+	-	-	0,530	0,0635	0,240	0,480
2	+	-	-	+	+	-	-	+	0,386	0,704	0,160	0,320
3	+	+	+	+	+	+	+	+	0,530	0,0635	0,240	0,480
4	+	-	+	+	-	-	+	-	0,386	0,704	0,160	0,320
5	+	+	-	-	-	-	+	+	0,532	0,120	0,212	0,224
6	+	-	-	-	+	+	+	-	0,389	0,852	0,214	0,228
7	+	+	+	-	+	-	-	-	0,532	0,120	0,212	0,224
8	+	-	+	-	-	+	-	+	0,389	0,852	0,214	0,228

Анализируя значения ускорений, полученных в различных точках тяговой рамы можно сделать следующие основные выводы:

1. При всех рассмотренных возмущающих воздействиях смещение точки крепления маятникового датчика вдоль поперечной оси тяговой рамы (вдоль оси  $\eta_2$ ) не влияет на величину горизонтального ускорения, действующего на маятник в поперечной плоскости автогрейдера.

2. При возмущающем воздействии на ходовое оборудование автогрейдера (как передней оси, так и балансирных тележек) смещение точки крепления маятникового датчика вдоль продольной оси тяговой рамы - от точки O<sub>2</sub> к точкам крепления штоков гидроцилиндров уменьшает величину горизонтального ускорения, действующего на маятник в поперечной плоскости автогрейдера.

3. При возмущающих воздействиях на отвал автогрейдера смещение точки крепления маятникового датчика вдоль продольной оси

тяговой рамы от точки  $O_2$  к точкам крепления штоков гидроцилиндров увеличивает величину горизонтального ускорения, действующего на маятник в поперечной плоскости автогрейдера.

4.  $n$  - кратное увеличение (уменьшение) величины ступенчатого возмущающего воздействия вызывает  $n$  - кратное увеличение (уменьшение) величины горизонтального ускорения, действующего на маятник в поперечной плоскости автогрейдера.

5. Уравнения регрессии, позволяющее определять и сравнивать ускорения в различных точках тяговой рамы, в кодированных значениях факторов имеют следующий вид:

а) при возмущающем воздействии на колесо передней оси автогрейдера (рис. 3):

$$\ddot{Y}_I = (0,45925 + 0,07175 X_1 - 0,00125 X_3 + 0,00025 X_1 * X_3) \frac{\Delta h}{0,02}, \text{ м/с}^2 \quad (5)$$

где  $\Delta h$  – высота ступеньки, на которую наезжает колесо передней оси автогрейдера (в метрах);

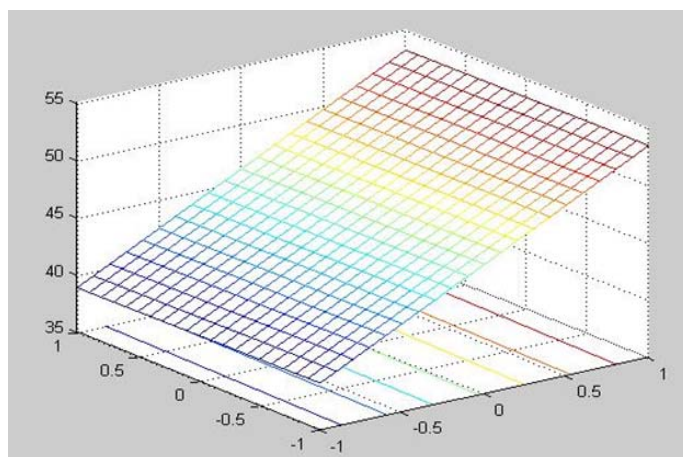


Рис. 3. Величина горизонтального ускорения  $\text{м/с}^2 \cdot 10^{-2}$  при возмущающем воздействии на колесо передней оси автогрейдера

б) при возмущающем воздействии на отвал автогрейдера (рис. 4.);

$$\ddot{Y}_{II} = (0,4349 - 0,3431 X_1 - 0,05113 X_3 + 0,02288 X_1 * X_3) * \Delta F_{21} * 10^{-4}, \text{ м/с}^2 \quad (6)$$

где  $\Delta F_{21}$  - изменение вертикальной составляющей силы копания (в ньютонах);

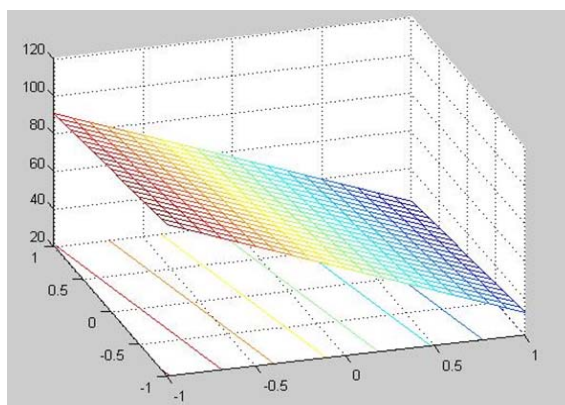


Рис. 4. Величина горизонтального ускорения  $\text{м/с}^2 \cdot 10^{-2}$  при возмущающем воздействии на отвал автогрейдера

в) при возмущающем воздействии на колесо балансирной тележки автогрейдера (рис. 5.):

$$\ddot{Y}_{III} = (0,2065 + 0,0195 X_1 - 0,0065 X_3 + 0,0205 X_1 * X_3) \frac{\Delta h}{0,02}, \text{ м/с}^2 \quad (7)$$

где  $\Delta h$  – высота ступеньки, на которую наезжает колесо балансирной тележки автогрейдера (в метрах).



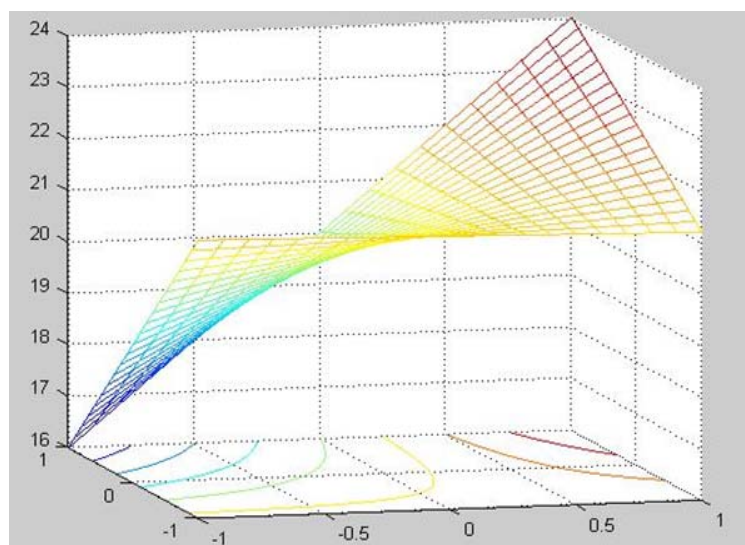


Рис. 5. Величина горизонтального ускорения  $m/s^2 \cdot 10^{-2}$  при возмущающем воздействии на колесо левой балансирной тележки автогрейдера

Сравнение результатов теоретических исследований с результатами эксперимента, выполненного для некоторых точек тяговой рамы, показало, что максимальное расхождение результатов составило не более 10 % по амплитуде горизонтальных ускорений и не более 5 % по периоду колебаний.

В результате проведённых экспериментальных и теоретических исследований можно дать следующие рекомендации:

-при выполнении предварительных планировочных проходов (когда преобладают возмущающие воздействия от ходового оборудования автогрейдера) датчик положения тяговой рамы с отвалом следует устанавливать на максимальном удалении от шарнира крепления тяговой рамы;

-при выполнении завершающих (чистовых) проходов, когда преобладают возмущающие воздействия от управляющих импульсов на тяговую раму, датчик положения тяговой рамы с отвалом следует приближать к шарниру крепления тяговой рамы к основной раме автогрейдера.

#### Библиографический список

1. Знобищев С. В., Мاستиков И. А. Системы nivelирования для автогрейдеров //Строительные и дорожные машины. 2008. № 5. С.13-18.
2. Варфоломеев В. П. Технология и аппаратура автоматического управления строительными дорожными машинами с использованием систем GPS/Глонасс //Строительные и дорожные машины 2008. № 9. С. 32 – 37.

3. Палеев В. А. Гидромеханические системы стабилизации положения рабочего органа дорожных и строительных машин // Строительные и дорожные машины. 2002. № 10. С. 22 – 24.

4. Палеев В. А., Исламов В. А. Результаты сравнительных испытаний автогрейдера, оснащённого системами стабилизации положения отвала //

Строительные и дорожные машины . 2004. № 3. С.34 – 36.

5. Палеев В. А., Тимаков С. Ю., Палеев А. В. Кинематические характеристики устройств подвеса и выноса отвала автогрейдера // Строительные и дорожные машины. 2009. № 5. С. 47 – 51.

6. Расчёт и проектирование строительных и дорожных машин на ЭВМ

/Под ред. Е. Ю. Малиновского. М.: Машиностроение, 1980. 216 с.

7. Михайлов В. И., Федосов К. М. Планирование экспериментов в судостроении. Л.: «Судостроение», 1978. 160с.

#### RATIONAL PLACE OF SENSOR'S INSTALLATION ON THE TRACTION FRAME

A. I. Ermolayeva, A. I. Terehin, V. A. Paleev

This article is devoted to results experimental and theoretical researches by definition sizes inertial revolting influences established on a traction frame motor grader. Was defined accelerations, which operate on sensitive elements of system of stabilization. Chosen is most rational place installation sensor.

*Палеев Владимир Андрианович - кандидат технических наук, доцент. Основные направления научной деятельности: Исследования систем управления строительных и дорожных машин.*



Общее количество опубликованных работ: 55. e-mail: paleev\_va@mail.ru.

Терехин Александр Игоревич – аспирант. Основные направления научной деятельности: Исследование системы управления положения рабочего органа профилировочной машины. e-mail: saniaomskcity@mail.ru.

Ермолаева Алиса Игоревна – аспирант. Основные направления научной деятельности: Исследование автогрейдера с целью повышения точности профилировочных работ. e-mail: lisenok\_2007@list.ru.

УДК 621.87

### ВАРИАНТЫ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ И ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМОХОДНОГО ДВУХСТРЕЛОВОГО ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА

В. С. Щербаков, М. С. Корытов, М. Ю. Архипенко

**Аннотация.** *Описываются два конструктивных исполнения самоходного двухстрелового грузоподъемного крана. Количество поворотных платформ или поворотных колонн увеличено до двух. Предложенные конструкции могут использоваться для перегрузки крупногабаритных грузов и монтажа длинномерных конструкций.*

**Ключевые слова:** *самоходный, грузоподъемный, двухстреловой, кран, поворотная платформа, поворотная колонна.*

#### Введение

Проблема оптимизации траектории перемещения длинномерных и крупногабаритных грузов, с учетом угловых координат и произвольной формы груза, является актуальной, особенно, если масса груза превышает грузоподъемность отдельного грузоподъемного крана (ГПК). Подобные работы выполняются двумя или несколькими ГПК. Совместная работа по перемещению груза несколькими ГПК является работой повышенной сложности, потенциально опасной, и выполняется сравнительно редко. Если масса груза находится в допустимых пределах грузоподъемности отдельного ГПК, возникает проблема обеспечения угловых координат груза при его перемещении отдельным ГПК по требуемой траектории. Частично, при нахождении длинномерного груза на небольшой высоте, она может быть решена при помощи ручного поворота груза стропальщиками, а также использованием специальных схем и устройств подвеса груза типа стабилизационных платформ. Однако, данные способы решения проблемы имеют существенные ограничения.

Предлагается использовать при выполнении данного вида работ самоходный двухстреловой ГПК вместо двух отдельных ГПК традиционной конструкции. Это позволит бо-

лее точно обеспечивать угловые координаты груза в широких пределах на всей траектории, и расширит технологические возможности ГПК.

#### Описание разработки

Одновременное использование двух стреловых ГПК при перемещении общего груза, позволяет осуществлять подъем и перемещение в конечное положение крупногабаритных грузов и длинномерных металлических конструкций, обеспечивая при этом заданные координаты угловой ориентации груза в пространстве.

Однако указанное техническое решение обладает следующими недостатками: необходимо обеспечить согласованную работу двух крановщиков и сигнальщика, в сложных случаях необходимо крановщиков и сигнальщика обеспечить двусторонней радиосвязью. Перед началом работы необходимо обеспечить точную привязку каждого ГПК к заданным точкам на площадке. В процессе работы необходимо одновременно производить контроль: углов отклонения двух грузовых канатов от плоскости подъема для каждого ГПК, углов отклонения грузовых канатов от гравитационной вертикали, а также углов наклона опорных платформ и ходовой части (шасси) двух ГПК к горизонту [1,2].

При этом возможны: неравномерное распределение нагрузок на отдельные ГПК, расцепление груза со стропами, раскачивание груза при наклонном положении канатов, вызванные несогласованными действиями крановщиков. Это приводит к увеличению времени работы и количества работающего персонала. Затруднена автоматизация процесса вследствие совместного использования двух отдельно стоящих крановых механизмов.

Из известных технических решений наиболее близким по технической сущности к разработанным конструкциям является двухстреловой деррик-кран [3].

Он содержит: горизонтальную опорную раму с четырьмя опорами (ходовыми тележками, аутригерами); поворотную платформу; две мачты; несколько стоек-укосин; две стрелы, два механизма подъема груза (привода), состоящих каждый из грузовой лебедки и каната; поддерживающие и направляющие канат-элементы (канатные блоки, поддерживающие скобы и т.п.); грузозахватные приспособления; механизмы подъема двух стрел; механизм поворота крана; подвесные рештования.

Деррик-кран устанавливают стационарно на фундаментах, башенных надстройках, плывучих опорах или используют в качестве передвижного при перемещении по монтируемой конструкции (пролетному строению, ферме).

Описанный кран обладает следующими недостатками: двухстреловой деррик-кран представляет собой специализированное устройство, которое применяют при движении по пролетным строениям определенного размера или стационарно. Трудоемкость работ по монтажу и демонтажу подобных кранов для перемещения на другую строительную площадку высока.

Зона, обслуживаемая двухстреловым деррик-краном, ограничена, поскольку подвесные рештования, занимая по отношению к пролетному строению объемлющее положение, препятствуют повороту стрел в плане. В случае использования неповоротной конструкции крана поворот стрел в плане не производится, что еще более ограничивает зону, обслуживаемую краном.

Конструктивное исполнение двухстрелового деррик-крана делает невозможным поворот в плане одной стрелы относительно другой (проекции осей симметрии двух стрел на горизонтальную плоскость всегда параллельны друг другу), вследствие этого существенно ограничены возможный угол поворота груза в плане, а также возможный угол наклона груза

относительно горизонтали, поскольку по требованиям безопасности положение грузовых канатов в процессе работы должно оставаться вертикальным. Изменение вылета одной стрелы относительно вылета другой при сохранении параллельного расположения проекций их осей увеличивает расстояние между верхними точками стрел в плане, что приводит к наклонному расположению грузовых канатов, поскольку строповка груза предусматривает постоянное положение мест контакта груза и строп или грузозахватных приспособлений. То есть поворот груза на некоторый угол вокруг вертикальной оси, осуществляемый путем изменения вылетов стрел их подъемом и опусканием, неизбежно вызывает также отклонение грузовых канатов от вертикали на определенный угол. Все перечисленное не позволяет обеспечить заданные значения угловых координат груза в начальном положении в процессе перемещения и в конечном положении, не нарушая при этом требования безопасности о вертикальном расположении грузовых канатов. Допустимые интервалы линейных координат груза в плане также существенно ограничены. Это снижает технологические возможности крана.

Задачей предложенной разработки является расширение технологических возможностей крана по перемещению крупногабаритных и длинномерных грузов с обеспечением требуемых значений не только линейных, но и угловых координат груза, повышение мобильности, маневренности и независимости передвижения крана, снижение трудоемкости работ по монтажу и демонтажу крана для перемещения на другой объект, по подготовке площадок для его эксплуатации, расширение зоны, обслуживаемой ГПК.

При этом достигают следующих технических результатов:

- Увеличение конструктивно возможных значений углов поворота стрел в плане. Появление возможности изменения длины стрел в процессе работы крана. Расширение за счет этого геометрических размеров зоны, обслуживаемой краном.

- Появление вращательной подвижности одной стрелы относительно другой в плане. Обеспечение за счет этого заданных в широких пределах значений угловых координат груза в начальном положении, в процессе перемещения и в конечном положении.

- Уменьшение времени работ по монтажу и демонтажу ГПК для перемещения на другой объект.

- Уменьшение времени работ по подготовке площадок для эксплуатации ГПК.

Указанных технических результатов достигают тем, что двухстреловой ГПК содержит дополнительную поворотную платформу, по одной для каждой стрелы, при этом стрелы телескопической конструкции. Опорная платформа выполнена на базе автомобильного или гусеничного самоходного шасси. Возможна другая конструкция, когда ГПК содержит две поворотные колонны, установленные на одной поворотной платформе с возможностью

независимого поворота каждой поворотной колонны вокруг вертикальной оси относительно единой поворотной платформы.

Разработка поясняется прилагаемыми схемами: на рис. 1. приведены виды сбоку и сверху (в плане) самоходного двухстрелового ГПК с двумя поворотными платформами. На рис. 2. – виды сбоку и сверху (в плане) ГПК с одной поворотной платформой и двумя поворотными колоннами.

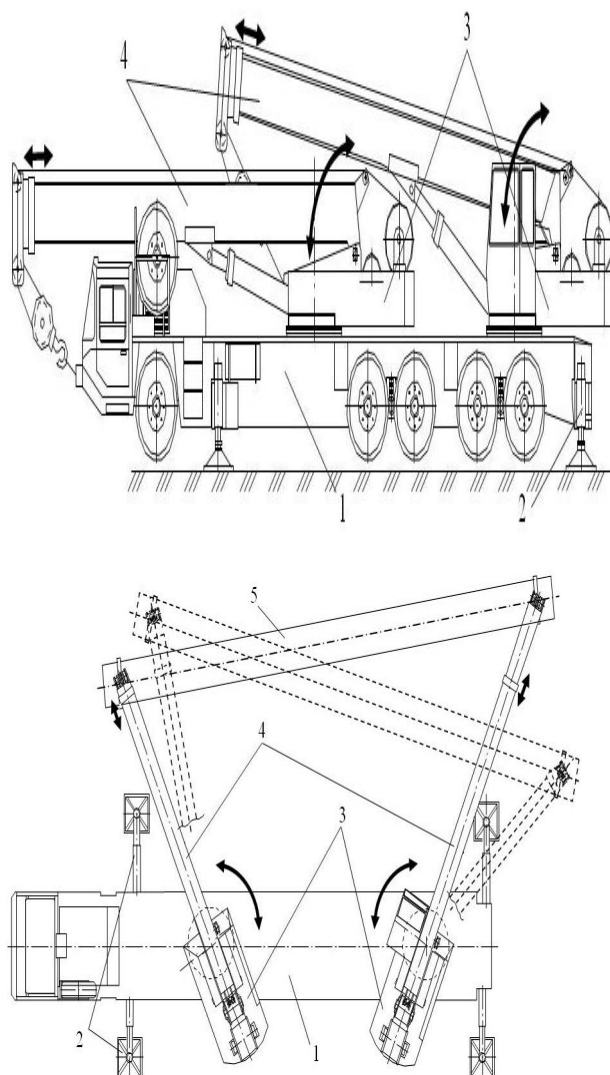


Рис. 1. Самоходный двухстреловой ГПК с двумя поворотными платформами (виды сбоку и сверху)

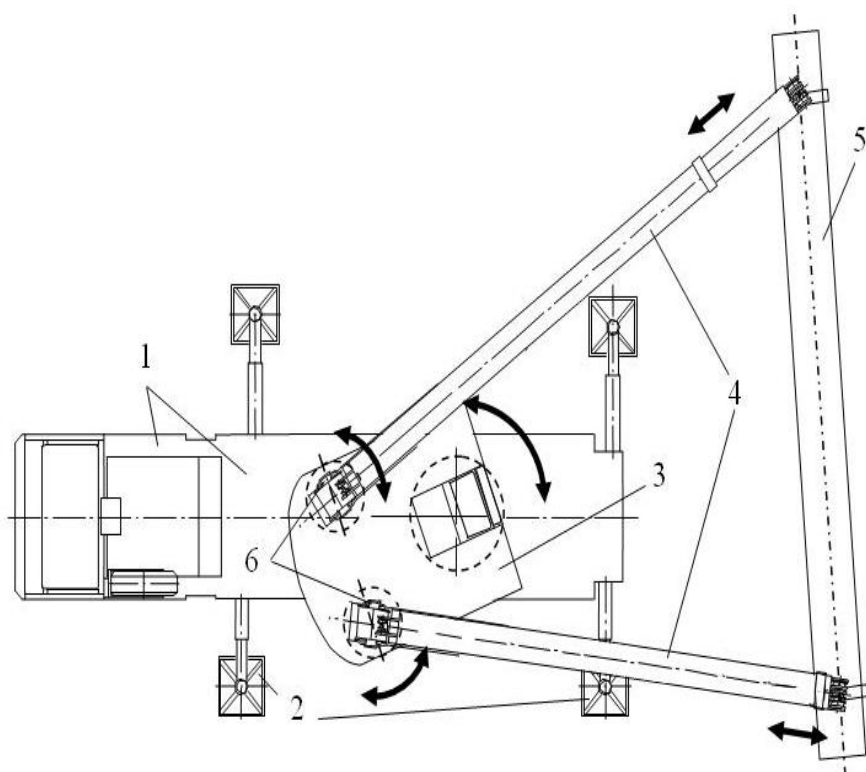
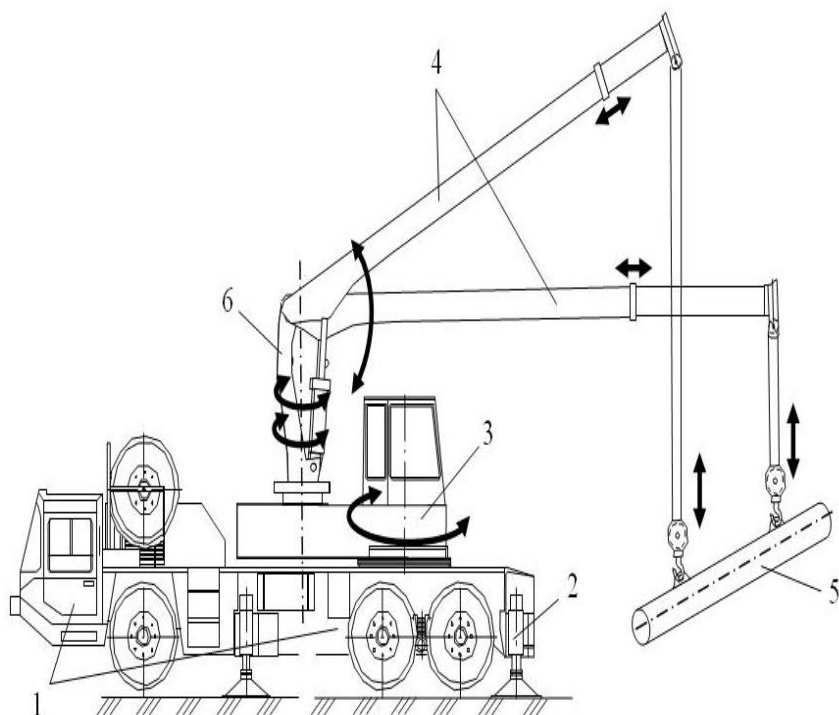


Рис. 2. Самоходный двухстреловой ГПК с одной поворотной платформой и двумя поворотными колоннами (виды сбоку и сверху)

Вариант рис. 1. Самоходный двухстреловой ГПК содержит автомобильное или гусеничное самоходное шасси 1 с выносными, выдвигаемыми или откидными опорными эле-

ментами 2 в количестве четырех штук, две поворотные платформы 3, две телескопические стрелы 4.

Две поворотные платформы 3 установлены на шасси 1 с возможностью поворота каждой вокруг вертикальной оси (в плане) на угол не менее 360°. На каждой из двух поворотных платформ смонтирована телескопическая стрела 4, имеющая одну вращательную степень свободы относительно собственной поворотной платформы. Вращение телескопических стрел 4 происходит вокруг горизонтальных осей шарниров, расположенных в основании стрел (нижней части). Телескопические стрелы 4 допускают изменение их длины в процессе работы. Перемещаемый груз 5, который не является частью устройства, связан с оголовками двух телескопических стрел 4, которые перемещают груз 5 при помощи грузовых канатов и строп или грузозахватных приспособлений.

Устройство работает следующим образом. ГПК своим ходом перемещается к месту работы. Перед началом работы происходит выдвижение или откидывание опорных элементов 2 и вывешивание на них опорной платформы 1 с одновременным ее горизонтированием. Затем при помощи поворотов поворотных платформ 3, подъема/опускания и изменения длины телескопических стрел 4 их переводят из транспортного положения в положение, в котором оголовки телескопических стрел 4 находятся над точками планируемого закрепления грузозахватных приспособлений или строп на грузе 5. Происходит подъем/опускание грузовых канатов, закрепление груза 5 в двух местах, его подъем и перемещение в конечное положение при помощи указанных выше движений поворотных платформ 3, телескопических стрел 4 и грузовых канатов. После этого груз освобождают от грузозахватных приспособлений или строп и начинают цикл перемещения следующего груза либо происходит завершение работы.

*Вариант рис. 2.* Самоходный двухстреловой ГПК содержит опорную платформу на базе автомобильного или гусеничного самоходного шасси 1 с выносными, выдвигаемыми или откидными опорными элементами 2 в количестве четырех штук, одну поворотную платформу 3, две поворотные колонны 6, две телескопические стрелы 4.

Поворотная платформа 3 установлена на шасси 1 с возможностью поворота вокруг вертикальной оси (в плане) на угол не менее 360°. На ней установлены две поворотные колонны 6, которые имеют каждая одну вра-

щательную степень свободы относительно поворотной платформы. Вращение поворотных колонн 6 также происходит вокруг вертикальных осей. На каждой из двух поворотных колонн 6 смонтирована телескопическая стрела 4, имеющая одну вращательную степень свободы относительно собственной поворотной колонны 6. В остальном конструкция ГПК с одной поворотной платформой и двумя поворотными колоннами аналогична описанной выше конструкции ГПК с двумя поворотными платформами.

Работа ГПК с одной поворотной платформой и двумя поворотными колоннами аналогична описанной выше работе ГПК с двумя поворотными платформами. Эта конструкция еще более увеличивает размеры зоны, обслуживаемой ГПК, по сравнению с ГПК с двумя поворотными платформами.

### **Заключение**

Для изготовления предложенной конструкции ГПК могут использоваться серийно выпускаемые компоненты существующих ГПК и кранов-манипуляторов: базовые шасси, поворотные платформы, телескопические стрелы, поворотные колонны, компоненты приводов.

Использование новых элементов (второй поворотной платформы в устройстве с двумя поворотными платформами, либо двух независимо вращающихся поворотных колонн в устройстве с одной поворотной платформой и двумя поворотными колоннами) обеспечивает возможность изменения угла в плане между двумя стрелами. Это расширяет зону, обслуживаемую ГПК в плане, и позволяет обеспечить заданные значения угловых координат груза без помощи стропальщиков в начальном положении, в процессе перемещения и в конечном положении в широких пределах, не нарушая при этом требования безопасности по вертикальному расположению грузовых канатов.

### **Библиографический список**

1. Правила техники безопасности при эксплуатации стреловых самоходных кранов: ВСН 274-88. – М.: СтройИнфо, 2007. – 22 с.
2. Котельников В. С. Комментарий к правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов (ПБ 10-382-00) / В. С. Котельников, Н. А. Шишков. – М.: МЦФЭР, 2007. – 720 с.
3. Вейнблат, Б. М. Краны для строительства мостов / Б. М. Вейнблат, И. И. Елинсон, В. П. Каменцев. – М.: Транспорт, 1988. – 240 с.

**VARIANTS OF A DESIGN AND ADVANTAGE OF USE AUTOMOTIVED DOUBLE-BOOM CRANE**

V. S. Shcherbakov, M. S. Korytov,  
M. Ju. Arhipenko

Two designs automotived double-boom crane are described. The quantity of rotary platforms or rotary columns is increased to two. The offered designs can be used for an overload of large-sized cargoes and installation of lengthy designs.

*Щербakov Виталий Сергеевич – д.т.н., профессор, декан факультета «Нефтегазовая и строительная техника» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Основное направление научных исследований – совершенствование систем управления строи-*

*тельных и дорожных машин, общее количество публикаций – более 200, адрес электронной почты – sherbakov\_vs@sibadi.org.*

*Корытов Михаил Сергеевич – к.т.н., доцент, докторант ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Основное направление научных исследований – автоматизация рабочих процессов мобильных грузоподъемных машин. Общее количество публикаций – более 90, адрес электронной почты – kms142@mail.ru.*

*Архипенко Маргарита Юрьевна – к.т.н., доцент кафедры «Прикладная механика» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Основное направление научных исследований – автоматизация проектирования технических объектов и систем. Имеет более 30 публикаций, адрес почты – arhipenko\_m@sibadi.org.*

УДК 621.926

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КУБОВИДНОГО ЩЕБНЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Ю. А. Федотенко, А. С. Анисович

**Аннотация.** Предложена технология получения кубообразного щебня с использованием усовершенствованных конструкций щековых и конусной дробилок позволяющая в зависимости от формы поступающего каменного материала (куб или лещадка) использовать различное сочетание футеровок.

**Ключевые слова:** Щековые и конусная дробилки, футеровка.

**Введение**

Основными потребителями щебня в России в настоящее время является дорожное строительство. Дорожное строительство, предназначением которого является создание транспортной системы, как элемента инфраструктуры экономики, в том числе сети автомобильных дорог, было и остается одной из основных производственных сфер, обеспечивающей решения как общегосударственных, так и региональных социально-экономических задач. В настоящее время в России, как и во всем мире, наблюдается тенденция увеличения объемов дорожного строительства с одновременным улучшением качества и сроков службы. При строительстве дорог и производстве железобетонных изделий требуется щебень с частицами кубовидной формы, так как форма частиц обеспечивает максимальную «упаковку», а, следовательно, плотность до-

рожного полотна и бетонных изделий. Срок службы дорог, построенных на кубообразном щебне, в 2,5 раза выше, чем на щебне игловатой или лещадной формы.

**Постановка задачи**

Щебень образуется при разрушении кусков горной породы под действием удара или более сложному виду деформации раздавливанием, истиранием, раскалыванием. В первом случае получается мало кусков, но хорошей формы, во втором - много, но плохой формы.

Говоря о потенциальных возможностях производства кубовидного щебня при проведении анализа технической литературы [1-4] можно сделать вывод: 1) форма каменного материала влияет на процент выхода щебня кубовидной формы; 2) наблюдается у конусных дробилок работающих под завалом увеличения процента выхода кубовидного щебня;

3) на данный период времени нет рекомендаций по конструктивному исполнению дробилок производящих кубовидный щебень.

В ГОУ «СибАДИ, на кафедре «Техника для строительства и сервиса нефтегазовых комплексов и инфраструктуры» (ТНКИ), были проведены лабораторные исследования по влиянию разных форм рифлений футеровок на разрушение каменного материала:

*Разрушение кубообразного щебня дробильной плитой и плоскостью*

При разрушении кубовидного материала дробящей плитой с рифлением и плоскостью (рис.1а) происходит образование трещины.

Трещины начинают образовываться по всем поверхностям контакта рифлений дробящей плиты с каменным материалом, и дальнейшее их распространение идет под некоторым углом к оси приложения нагрузки (рис.1б), со стороны плоскости начала образований трещин не происходит. После того, как, куб был разрушен, производился анализ получившегося продукта. При разрушении куба дробящей плитой и плоскостью получается в основном лещадный материал и шелуха, а материала кубовидной формы получается около 20 % (рис.1в).

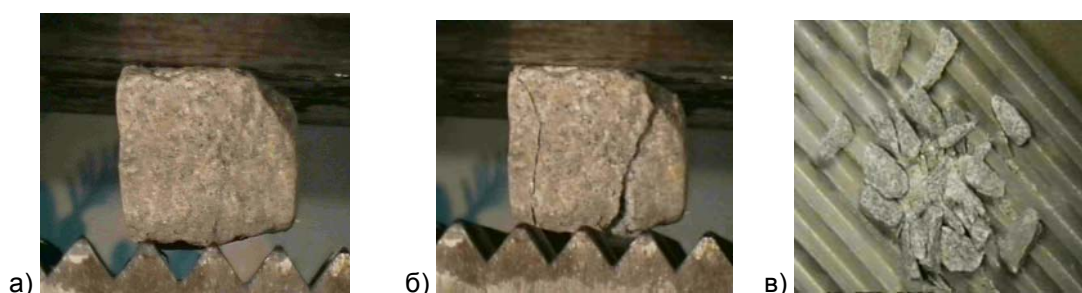


Рис. 1. Разрушение куба плитой с рифлениями и плоскостью  
а – начало разрушения куба; б – образование трещин; в – результат разрушения

*Разрушение кубовидного материала дробильной плитой с параллельно расположенными рифлениями*

При разрушении кубовидного материала на дробильных плитах с параллельно расположенными рифлениями образование трещины начинается от вершины рифления по всей поверхности контакта. Распространение тре-

щины происходит вертикально по оси приложенной нагрузки к параллельно расположенной вершине другой дробящей плиты (рис.2а). В результате разрушения кубовидного материала при параллельном расположении плит получилась в основном шелуха и лещадный материал, зерен кубовидной формы образовалось около 15 % (рис.2 б).

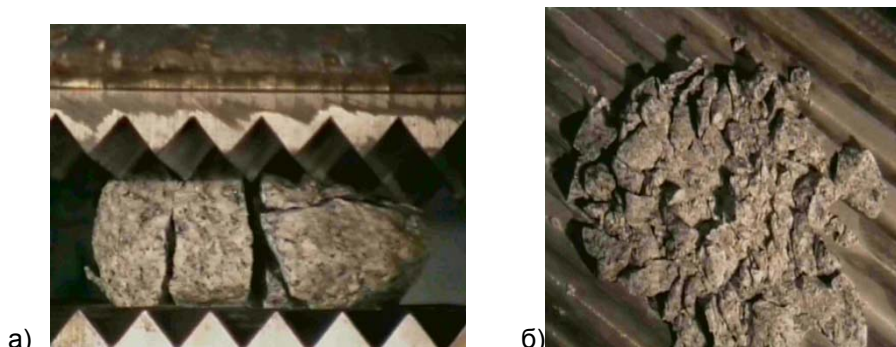


Рис. 2. Разрушение кубообразного материала дробящими плитами с параллельно расположенными рифлениями  
а – образование трещин; б – результат разрушения

*Разрушение кубовидного материала дробящими плитами с перпендикулярно расположенными рифлениями*

При разрушении кубовидного материала на дробильных плитах с перпендикулярно

расположенными рифлениями образование трещин происходит приблизительно во взаимно перпендикулярных плоскостях. Трещины образуются от вершин рифлений дробящих плит (рис.3. а, б) по всей поверхности контак-



та. Распространение трещины идет под углом к оси приложения нагрузки, стремящемуся к вертикали ( $90^\circ$ ) (рис.3. а, б). В результате разрушения кубовидного материала уменьшился

объем лещадного материала и шелухи, а объем зерен кубовидной формы возрос до 85 % (рис.3. в).

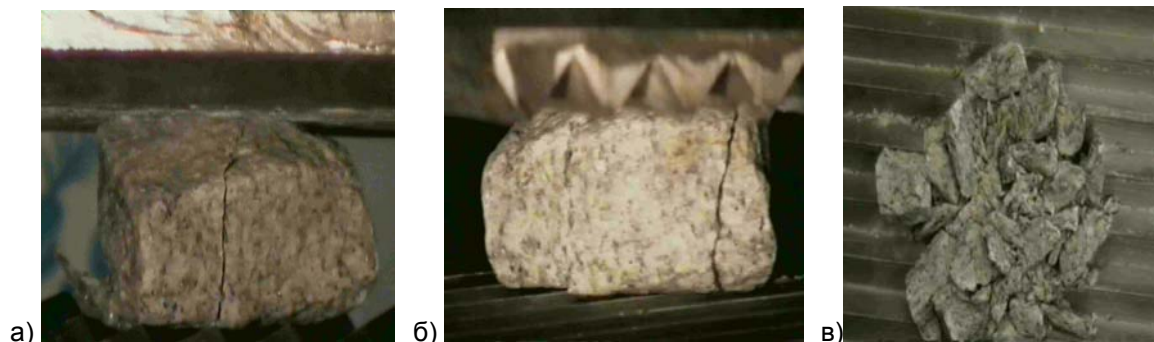


Рис. 3. Разрушение кубообразного материала дробящими плитами с перпендикулярно расположенными рифлениями  
а – образование трещин со стороны нижней плиты; б – образование трещин со стороны верхней плиты; в – результат разрушения

*Дробильная плита с рифлением и плита*

При разрушении лещадного материала на дробящих плитах с рифлениями и плоскостью происходит образование трещин от вершины рифления по всей поверхности контакта (рис.4а). Дальнейшее распространение происходит под углом наклоненном к оси прило-

женной нагрузки. Со стороны плоскости образование трещин не происходит. В результате разрушения лещадного материала получили зерна кубовидной формы, что примерно составляет 85-95 %, а лещадного материала по сравнению с зернами кубовидной формы получилось 10-15 % (рис.4б).

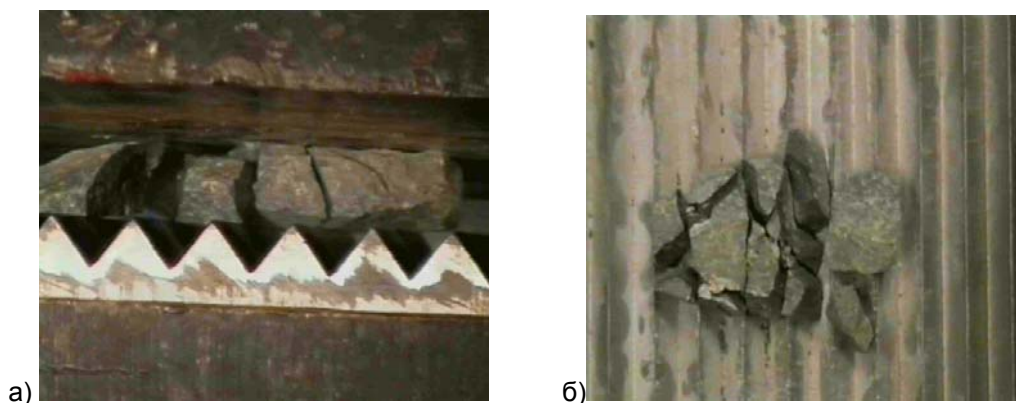


Рис. 4. Разрушение лещадного материала дробящей плитой и плоскостью  
а – разрушение лещадки; б – результат разрушения

*Перпендикулярное расположение рифленых плит*

При разрушении лещадного материала на дробящих плитах с перпендикулярно расположенными рифлениями образование трещины происходит так же, как разрушение куба при таком же расположении дробящих плит,

т.е. во взаимно перпендикулярных плоскостях (рис.6а).

При разрушении получили до 50 % лещадного продукта, а так же, произошло переизмельчение материала, т.е. получилось много шелухи и до 40 % кубовидных зерен (рис.6 б).



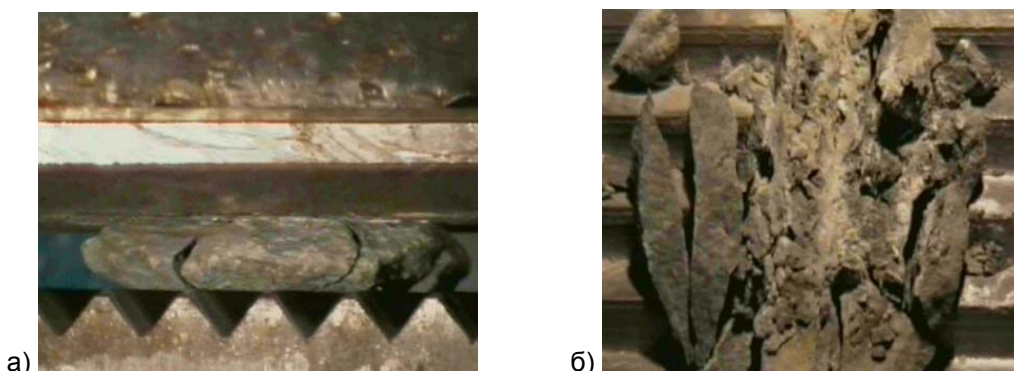


Рис. 6. Разрушение лещадного материала дробящими плитами с перпендикулярно расположенными рифлениями  
а – разрушение лещадки; б – результат разрушения

Проанализировав и сравнив все проведенные эксперименты и их результаты, были сделаны выводы:

1) Направления рифлений влияют на характер образования и распространения трещин.

2) Третья и четвертая группы щебня получают – при раздавливании кубообразного щебня дробящими плитами с рифлениями, установленными на подвижной и не подвижной щеках расположенными параллельно; при дроблении лещадки дробящими плитами с рифлениями, установленными на подвижной и не подвижной щеках расположенными перпендикулярно.

3) Первая и вторая группы щебня получают – при раздавливании кубообразного щебня дробящими плитами с рифлениями, установленными на подвижной и не подвижной щеках расположенными перпендикулярно; при дроблении лещадки дробящими плитами с поперечными рифлениями, установленными на подвижной щеке и плитами без рифлений на не подвижной щеке.

#### Решение задачи

В ходе исследовательской и конструкторской проработки поставленных вопросов коллективом сотрудников кафедры «ТНКИ» предлагаются следующие технические решения:

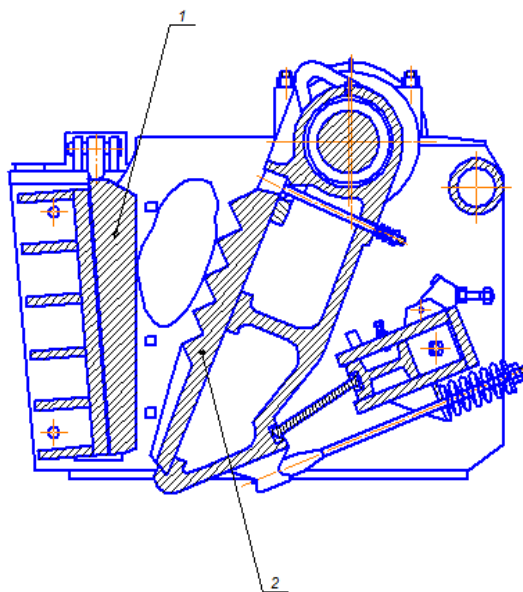
1. Получен патент на полезную модель «Щековая дробилка» № 65400. Щековая дробилка предназначена для измельчения горных пород. Достижение получения кубовидного материала для предлагаемых конструктив-

ных решений возможно только благодаря разделению исходного материала на кубовидный щебень и лещадку.

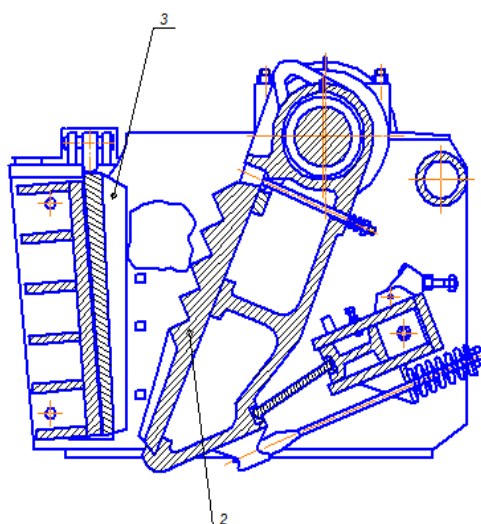
При поступлении лещадного материала за счет установленных дробящих плит с поперечно направленными концентраторами напряжения на подвижной щеке получается кубовидный материал (футеровка с поперечными направлениями рифлений на подвижной щеке прижимает каменный материал к сплошной футеровке установленной на неподвижной щеке (рис.7 а).

Если будет поступать кубовидный щебень на дробилку, то на подвижную щеку дробилки должна быть установлена футеровка с поперечными направлениями рифлений. Причем высота зубьев убывает по увеличению глубины камеры дробления (рис.7 б). Это сделано для того, чтобы высота зуба была соизмерима с размером дробящего каменного материала и исключала процесс шелушения. Выступающие зубья футеровки являются концентраторами предельных напряжений вызывающих поперечные трещинообразования. Подвижная щека, с поперечными рифлениями, прижимает дробимый каменный материал к подвижной щеке, которая имеет продольное рифление одинаковой высоты.

Таким образом, в перпендикулярных плоскостях возникают предельные напряжения в дробящем материале. Такое сочетание напряжений не позволяет распространиться трещинам по всей длине (ширине) каменного материала, что исключает образование лещадного материала.



а) СМД-109А



б) СМД-110А

Рис. 7. Щековая дробилка: а) для дробления лещадки; б) для дробления куба  
 1- футеровка без рифлений (плоскость); 2-футеровка с поперечным рифлением;  
 3- футеровка с продольным рифлением

2. Ещё одной из последних разработок конструкции является патент на полезную модель «Конусная дробилка» №91298. Главной задачей полезной модели является получение щебня с кубовидностью в пределах 85-90 %.

Указанный технический результат достигается тем, что к традиционному способу разрушения материала, который происходит преимущественно раздавливанием с истиранием, что провоцирует к образованию однохарак-

терных трещин, что в свою очередь, способствуют выходу зерен лещадной формы, придается сдвигающая сила.

Создание такой осевой силы можно добиться в традиционных конусных дробилках, за счет принудительного проталкивания каменного материала. Для этого на футеровке подвижного конуса создается спиралевидный выступ, который выполняет роль шнека при вращении подвижного конуса (рис.8).

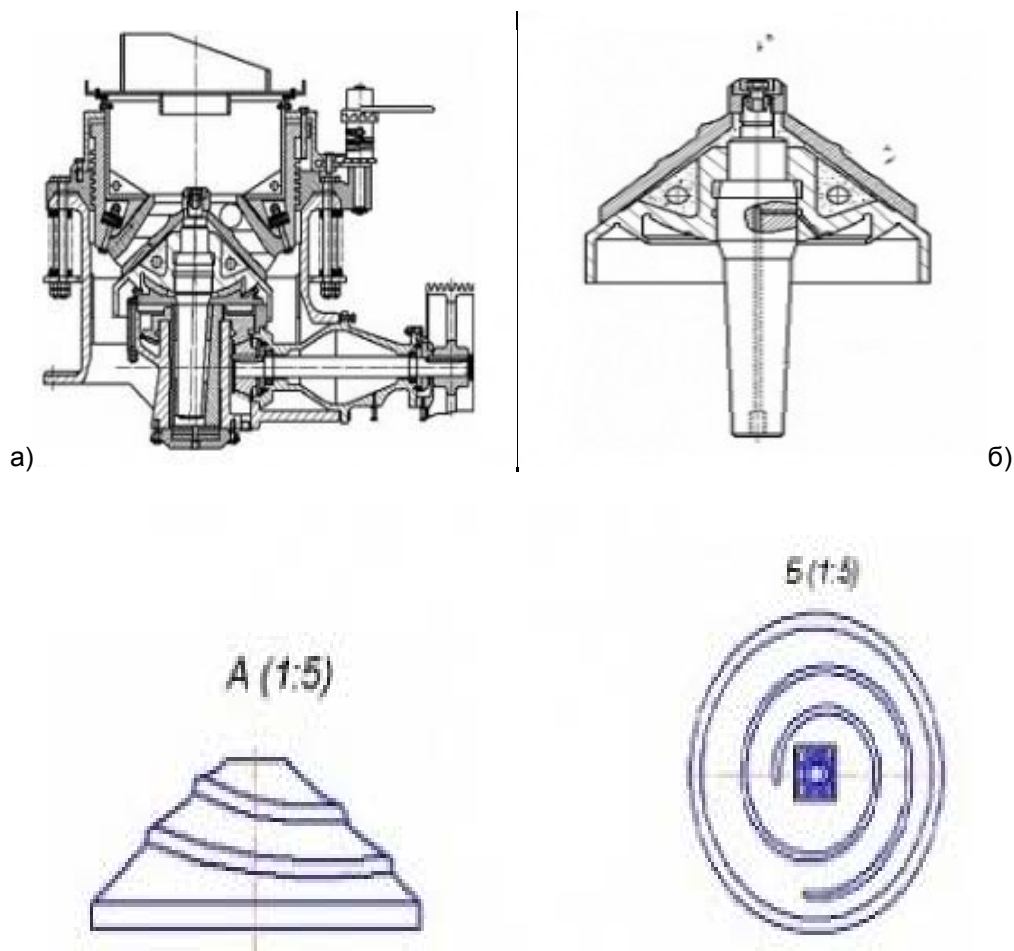


Рис. 8. Конусная дробилка для получения кубовидного щебня:  
а) общий вид; б) подвижный конус

Одним из вариантов технологической схемы с использованием рассмотренных технических решений предлагается схема (рис. 9).

Щебень третьей группы поступает в пластинчатый питатель (установки крупного дробления), откуда подается на колосниковый грохот, в процессе которого щебень разделяется на две фракции: кубообразный и лещадку. В дальнейшем, щебень каждой фракции поступает в соответствующую щековую дробилку, для кубообразного – СМД-110А, диаметр кусков до 500мм, лещадка – СМД-109А, диаметром кусков до 300мм.

Полученные в процессе дробления куски размером до 120 мм из предыдущей установки крупного дробления, выгружаются в приемный бункер пластинчатого питателя (установ-

ки среднего дробления), который в свою очередь подает поступившие камни на грохот, где происходит отсев на фракции: 5...10 мм, 10...15 мм, 15...20 мм. Затем, не отсеянные куски попадают в конусную дробилку с приемным отверстием 90...105 мм.

Раздробленный материал поступает на ленточный конвейер, затем в бункер питателя и по питателю на грохот, где происходит разделение щебня на фракции: 5...10 мм, 10...15 мм, 15...20 мм, щебень размером более 20 мм, пришедший с установки крупного дробления попадает в конусную дробилку, где и происходит его измельчение.

Таким образом, создается замкнутый цикл дробления.

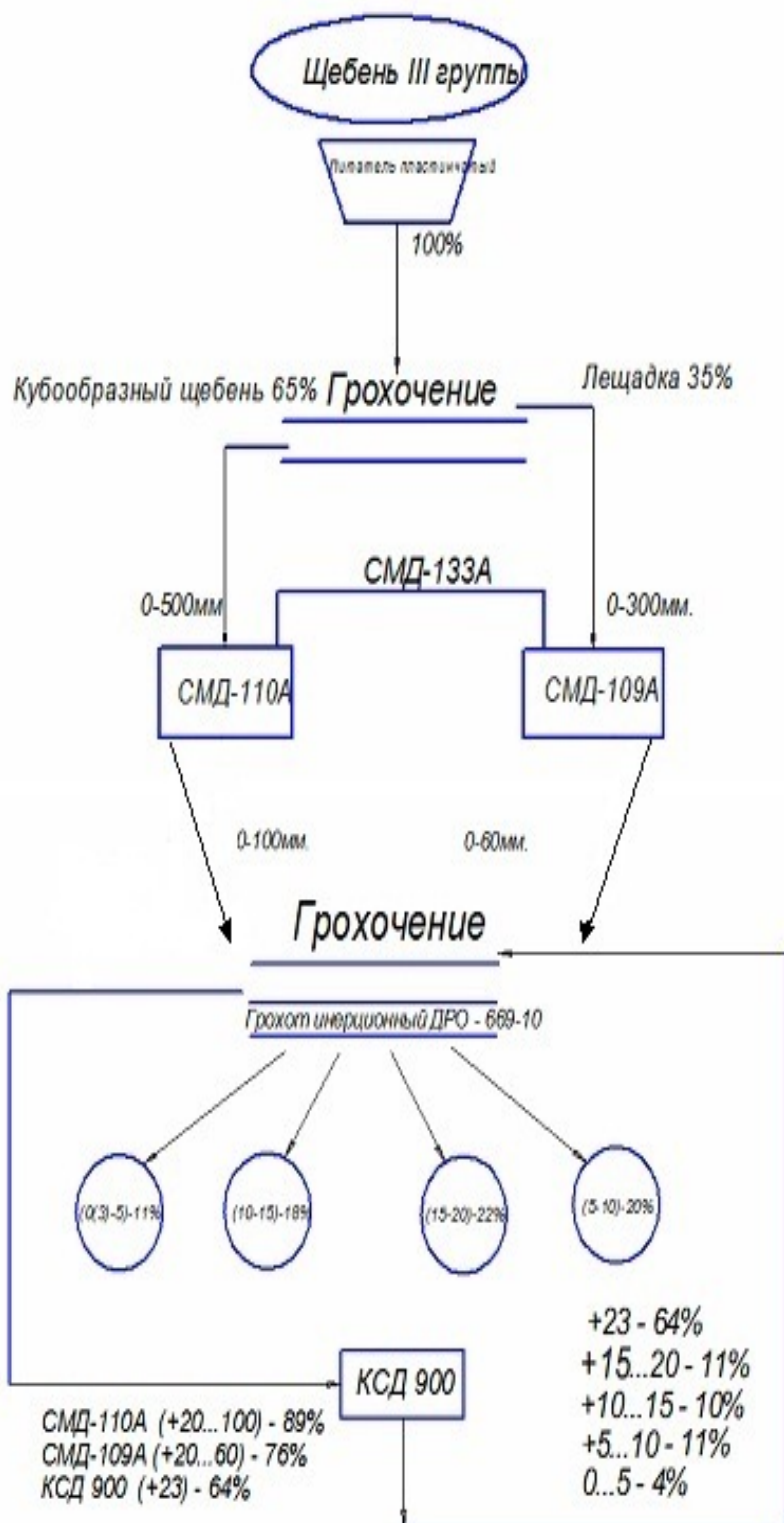


Рис. 9. Технологическая схема производства кубовидного щебня

### Выводы

Использование рассмотренной технологии с использованием усовершенствованных конструкций щековых и конусной дробилок позволит в зависимости от формы поступающего каменного материала (куб или лещадка) использовать различное сочетание футеровок. При дроблении лещадного материала использовать сочетание футеровок плоскость на подвижной щеке и поперечные рифления на подвижной щеке, а кубовидный материал дробить, используя сочетание футеровок: вертикальные рифления на неподвижной щеке и поперечные рифления на подвижной щеке. Использование уникальных конструкций конусной и щековых дробилок, в комплексе позволит получить до 85-90 % кубообразного щебня.

### Библиографический список

1. Вайсберг Л. А., Шуляков А. Д. Технологические возможности конусных инерционных дробилок при производстве кубовидного щебня // Строительные материалы. 2000. №1. С. 8-9.
2. Кумашцев Б. А., Дудко А. А. ВНИИ стройдор-мат, Рациональная конструкция дробящих плит щековых дробилок со сложным движением щеки // www.drobmash.ru
3. Кушка В. Н., Гаркави М. С. Оценка истинной формы зерна высококачественного щебня // www.drobmash.ru
4. Груздев А. В., Осадчий А. М., Газалеева Г. И. // Технология получения кубовидного щебня в ко-

нусных дробилках МК «УРАЛМАШ» // www.drobmash.ru

6. Конусная дробилка, Патент на полезную модель №91298, Бюл. №22 от 26.10.2009

7. Щековая дробилка, Патент на полезную модель №65400, Бюл. №22 от 10.08.2007

### TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF CUBIFORM RUBBLE WITH USE OF THE ADVANCED EQUIPMENT

J. A. Fedotenko, A. S. Anisovich

The technology of obtaining cubical rubble with the use of advanced machinery depending on the types of stone material (cube or rock-mound ledge) uses a different combination of linings.

*Федотенко Юрий Александрович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Техника для строительства и сервиса нефтегазовых комплексов и инфраструктуры» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное направление научных исследований – совершенствование конструкций машин и оборудования для строительства и сервиса нефтегазовых комплексов и инфраструктуры. Общее количество публикаций: 31 .e-mail: fedotenko\_ya@sibadi.org*

*Анисович Анна Сергеевна – студентка Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ) обучающаяся по специальности «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (нефтегазодобыча)». e-mail: annett-1609@mail.ru .*

**РАЗДЕЛ II**  
**СТРОИТЕЛЬСТВО.**  
**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ**

УДК 69.034.96

**АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ПРИ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОМ НАЛИВЕ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Ю. В. Корчевская

**Аннотация.** В статье представлено определение фильтрационных параметров при плоскопараллельном наливе и автоматизация расчета с применением компьютерных технологий необходимых при проектировании инженерной защиты от подтопления.

**Ключевые слова:** подтопление, коэффициент фильтрации, недостаток насыщения, водоотдача.

**Введение**

В настоящее время подтопление охватило земли различного назначения на территории России. В ходе освоения земель возникает потребность в борьбе с подтоплением. Поэтому в первую очередь необходимо составлять прогноз подтопления мелиорируемой территории с целью получения информации о том, как изменяется уровень подземных вод. Для получения данной информации в ходе изысканий определяют фильтрационные параметры грунтов. Они являются важнейшей информацией, получаемой при проведении изысканий, от их качества определения зависит вся дальнейшая работа инженерной защиты от подтопления.

**Основная часть**

К основным фильтрационным параметрам, требующимся при разработке инженерной защиты от подтопления относятся: коэффициент фильтрации  $k$ , водоотдача (недоста-

ток насыщения)  $\mu$  и высота капиллярного поднятия  $h_k$ .

Все фильтрационные параметры можно определять различными способами такими как:

- 1) полевые
- 2) лабораторные
- 3) по расчетным формулам.

Автором в ходе исследований была получена методика по определению фильтрационных параметров дренирующих подсыпок (песков), изложенные в [1, 2, 3].

В данной статье рассмотрим, как можно определить искомые фильтрационные параметры при плоскопараллельном наливе по методике автора [1, 2, 3]. Для этого был поставлен эксперимент по наливу в траншею шириной  $B$  при безнапорной фильтрации. Схема траншеи представлена на рисунке 1. Методика проведения эксперимента изложена в [1, 2].

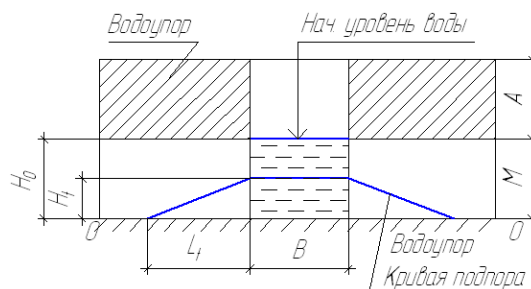


Рис. 1. Схема плоскопараллельной фильтрации в безнапорных условиях

В результате эксперимента были получены замеры двух уровней воды в траншее  $H_{3/4}$  и  $H_{1/2}$  соответственно в моменты времени  $t_{3/4}$  и  $t_{1/2}$  с помощью которых можно составив систему из двух уравнений, определить значения коэффициента фильтрации  $k$ , недостатка насыщения  $\mu$

Данное решение можно произвести, решив так называемую обратную фильтрационную задачу. Обратные фильтрационные задачи в гидрогеологии в свою очередь можно классифицировать:

- 1) граничные задачи
- 2) инверсные задачи
- 3) индуктивные задачи.

С помощью обратных граничных задач определяют неизвестные граничные условия. А с помощью обратных инверсных задач определяют фильтрационные параметры: коэффициент фильтрации  $k$  и недостаток насыщения (водоотдача)  $\mu$ , которые нас и интересуют.

В данном случае должны быть известны напоры, уровни и расходы.

Данная задача нелинейная. Поэтому составим систему из двух трансцендентных уравнений с двумя неизвестными  $k$  и  $\mu$ , которая решается в MathCAD простым подбором с помощью функций Given и Minerr. На рисунке 2 приведен пример решения данных систем уравнений для песка левобережья г. Омска (взятый при строительстве «Арена-Омск»), в котором можно увидеть нахождение фильтрационных параметров сразу для нескольких условий, в данном случае без учета капиллярности песка, а также с учетом капиллярности, и коэффициенты фильтрации, приведенные к температуре  $10^{\circ}\text{C}$ . Результаты расчетов коэффициента фильтрации  $k$  и недостатка насыщения  $\mu$  по результатам экспериментов, проведенных автором, приведены в таблице 1.

**Опыт №1 (песок левобережья г. Омска)**

**Нахождение  $k$  и  $\mu$  без учета капиллярности для безнапорной фильтрации**

$k := 10.9 \quad \mu := 0.33$

Given

$$\left[ \frac{(0.05^2)}{\mu \cdot k \cdot 0.075} \cdot \left[ 1 - \frac{0.1}{0.075} \left( 1 - \ln \left( \frac{0.1}{0.075} \right) \right) \right] \right] - \frac{54}{86400} = 0$$

$$\left[ \frac{(0.05^2)}{\mu \cdot k \cdot 0.05} \left[ 1 - \frac{0.1}{0.05} \left( 1 - \ln \left( \frac{0.1}{0.05} \right) \right) \right] \right] - \frac{198}{86400} = 0$$

Minerr ( $k, \mu$ ) =  $\begin{pmatrix} 10.9 \\ 0.33 \end{pmatrix}$

$T := 10.0$

$$\frac{k}{(0.7 + 0.03 \cdot T)} = 10.9$$

**Нахождение  $k$  и  $\mu$  с учетом капиллярности для безнапорной фильтрации**

$k := 3.32 \quad \mu := 0.33$

Given

$$\left[ \frac{0.05^2}{\mu \cdot k \cdot 0.075} \cdot \left[ 1 - \frac{0.1}{0.075} \cdot \left[ 1 - \left( 1 + \frac{0.435}{0.1} - \frac{0.075}{4 \cdot 0.1} \right) \cdot \ln \left( \frac{0.1 + 0.435 - \frac{0.075}{4}}{0.075 + 0.435 - \frac{0.075}{4}} \right) \right] \right] \right] - \frac{54}{86400} = 0$$

$$\left[ \frac{0.05^2}{\mu \cdot k \cdot 0.05} \cdot \left[ 1 - \frac{0.1}{0.05} \cdot \left[ 1 - \left( 1 + \frac{0.435}{0.1} - \frac{0.05}{4 \cdot 0.1} \right) \cdot \ln \left( \frac{0.1 + 0.435 - \frac{0.05}{4}}{0.05 + 0.435 - \frac{0.05}{4}} \right) \right] \right] \right] - \frac{198}{86400} = 0$$

Minerr ( $k, \mu$ ) =  $\begin{pmatrix} 3.296 \\ 0.333 \end{pmatrix}$

$$\frac{k}{(0.7 + 0.03 \cdot T)} = 3.32$$

Рис. 2. Решение системы уравнений в MathCAD для безнапорной фильтрации песка левобережья г. Омска

## СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Таблица 1 – Результаты расчета коэффициента фильтрации  $k$  и недостатка насыщения  $\mu$  для безнапорной плоскопараллельной фильтрации по формулам автора

№ опыта	Песок левобережья г. Омска					
	без учета капиллярности песка			с учетом капиллярности песка		
	$k$ , м/сут	$\mu$	$k$ , при $10^0\text{C}$ м/сут	$k$ , м/сут	$\mu$	$k$ , при $10^0\text{C}$ м/сут
1	10,9	0,33	10,9	3,32	0,33	3,32
2	11,6	0,33	10,851	3,33	0,33	3,12
3	12,5	0,33	11,312	3,864	0,33	3,493
4	12,8	0,33	12,144	3,665	0,33	3,45
5	11,0	0,33	10,176	3,13	0,33	2,9
6	10,2	0,33	9,623	2,86	0,33	2,736
7	12,2	0,33	11,477	3,85	0,33	3,575
8	12,002	0,33	10,86	3,614	0,33	3,224
9	10,002	0,33	9,276	3,132	0,33	2,909
10	11,6	0,33	10,642	3,573	0,33	3,259
11	11,6	0,33	10,791	3,54	0,33	3,35

Наименьший процент расхождения данных для песка левобережья г. Омска при сравнении с коэффициентом фильтрации определенным в трубке Каменского

составляет 0,00 %, а наибольший соответственно 3,34 % (таблица 2), что является допустимым при инженерных расчетах.

Таблица 2 - Сравнение коэффициентов фильтрации для песка с левобережья г. Омска

№ опыта	Температура, $t^0\text{C}$	$k$ , при $10^0\text{C}$ с учетом $h_k$ , м/сут	$k$ при $10^0\text{C}$ , определенный в трубке Каменского, м/сут	Расхождение, %
1	10,0	3,32	3,22	3,01
2	12,3	3,12	3,16	1,28
3	13,5	3,493	3,46	0,94
4	11,8	3,45	3,44	0,29
5	12,7	2,9	2,91	0,34
6	12,0	2,736	2,795	2,15
7	12,1	3,575	3,59	0,42
8	13,5	3,224	3,18	1,36
9	12,6	2,909	2,95	1,41
10	13,0	3,259	3,15	3,34
11	12,5	3,35	3,35	0,00

### Заключение

В результате проведенных расчетов можно сделать вывод, что полученные приближенные значения коэффициента фильтрации  $k$  и недостатка насыщения  $\mu$  определены с погрешностью 0,00 - 4,00 %.

То есть при проведении достаточно несложных опытно-фильтрационных опробованиях в виде наливов воды в дренирующие подсыпки (пески) можно получить фильтрационные параметры, необходимые для прогнозных оценок подтопления земель различного назначения.

### Библиографический список

1. Корчевская Ю. В. Определение фильтрационных параметров грунтов методом плоскопараллельного налива при защите от подтопления // *Материалы II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования»*, 23-24 мая 2007 г. – Омск: Изд-во СиБАДИ, 2007. – Книга 1. – С. 90-93.
2. Корчевская Ю. В. Определение фильтрационных параметров методом плоскопараллельно-



го налива с учетом капиллярных свойств грунта // Материалы международной научно-практической конференции «Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем». Часть 1. – М.: МГУП, 2006. – С. 106-109.

3. Сологаев В. И., Корчевская Ю.В. Методика определения фильтрационных параметров грунтов методом плоскопараллельного налива // Омский научный вестник Серия Ресурсы Земли, №10 (50), декабрь 2006. – Омск – 2006 - С. 104-107.

**AUTOMATION OF CALCULATION  
OF FILTRATIONAL PARAMETERS  
AT PLANE-PARALLEL NALIVE  
WITH APPLICATION OF COMPUTER  
TECHNOLOGIES**

J. V. Korchevskaja

In clause{article} definition of filtrational parameters is presented at plane-parallel nalive and automation of calculation with application of computer technologies necessary at designing engineering protection against flooding.

*Корчевская Юлия Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры сельскохозяйственного водоснабжения Омского государственного аграрного университета. Исследования в области защиты от подтопления. Общее количество публикаций:18. Электронная почта: kafedra\_shv@mail.ru.*

УДК 624.04

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТОНКОСТЕННЫХ СВЯЗЕЙ В СОСТАВЕ  
ТРЕХСЛОЙНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ**

Д. А. Кузьмин

**Аннотация.** Представлена уточненная общая математическая модель работы тонкостенных холодногнутых связей в составе трехслойных бескаркасных цилиндрических покрытий в режиме продольно-поперечного изгиба. Учтено соответствие перемещений эквивалентных стержней в математической модели и действительных связей в составе покрытия.

**Ключевые слова:** трехслойный бескаркасный цилиндрический свод,  $\Omega$ -профиль, тонкостенные конструкции, продольно-поперечный изгиб стержня, критическая нагрузка.

**Введение**

В современной промышленности и, в частности, строительстве все большее распространение получают тонкостенные холодногнутые несущие и ограждающие конструкции трапецевидного профиля. В 50-х гг. прошлого столетия на Западе впервые возникли бескаркасные цилиндрические своды из тонкостенных профилированных листов. В 1999 году ЦНИИСКом им. Кучеренко в Москве с целью возможности применения таких конструкций в регионах с суровым климатом было

предложено использовать трехслойные цилиндрические бескаркасные своды [1,2].

Трехслойный цилиндрический бескаркасный свод представляет собой два слоя коаксиальных арочных профилированных заготовок, соединенных между собой с помощью прогонов в виде тонкостенных холодногнутых связей (рис. 1). Такое конструктивное решение позволяет размещать между внешним и внутренним слоями свода эффективный утеплитель требуемой толщины.



Рис. 1. Трехслойный бескаркасный цилиндрический свод

В составе таких покрытий применяют связевые элементы различных сечений (рис. 2). Связи располагаются по покрытию с определенным шагом (обычно 1.2 – 1.8 м), высота их определяется толщиной утеплителя и для различных регионов может варьироваться в

пределах 120 – 250 мм. При этом на сегодняшний день отсутствуют нормативные документы в строительстве, регламентирующие назначение геометрических параметров таких связей, в частности, их толщины.

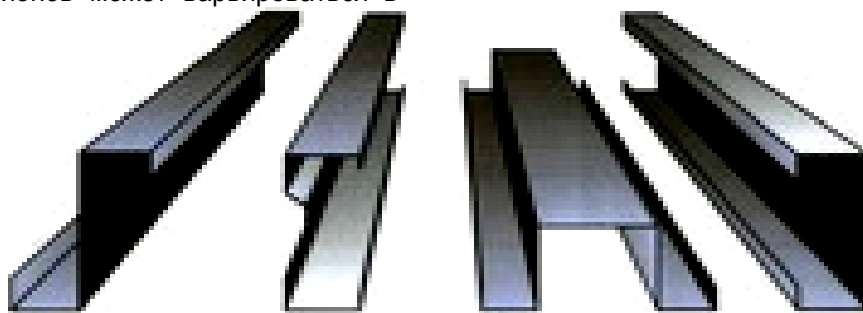


Рис. 2. Виды связевых элементов (прогонов) слева направо: Z-, E-, Ω-, С-образный

В ходе предыдущих исследований была разработана математическая модель трехслойного бескаркасного цилиндрического покрытия, учитывающая работу связей в составе конструкции, и методика назначения геометрических параметров связевых элементов [3-6]. В настоящей статье рассмотрены некоторые особенности работы связевых элементов в составе цилиндрических трехслойных покрытий и способы их учета в математической модели.

#### Математическая модель связевых элементов

В статье [3] авторами была предложена математическая модель трехслойного бескаркасного цилиндрического свода. В этой модели внутренний и внешний слои свода были представлены коаксиальными круговыми стержнями с жесткостными характеристиками, равными характеристикам соответствующих сечений профилированных листов шириной 1 метр. При этом связевые прогоны, независимо от вида их сечения, представлялись в виде

эквивалентных радиально ориентированных стержней-пластин с изгибной жесткостью, равной сдвиговой жесткости действительного связевого элемента.

В ходе дальнейших исследований, используя функциональные зависимости из технической теории стержней, была разработана математическая модель эквивалентного стержня, отражающая работу связей в режиме изгиба со сжатием-растяжением. Тем самым было учтено влияние на  $i$ -ый связевой элемент переменного по покрытию продольного усилия, вызванного снеговыми, ветровыми и монтажными нагрузками на покрытие [4-6].

В этих работах предложена методика дифференцированного назначения толщины каждого связевого элемента по покрытию трехслойного бескаркасного свода в соответствии с конкретными силовыми характеристиками работы  $i$ -го связевого прогона. Критерием назначения толщины связей выбрано ус-

ловие обеспечения общей и местной устойчивости связевого профиля и его элементов.

Каждый связевой прогон моделировался в ПК «Лира» и производился его расчет МКЭ с целью определения для него критической силы и сдвиговой податливости [7].

После определения сдвиговой податливости исследуемого профиля (горизонтального перемещения от единичной нагрузки) по формуле (1) определялась толщина эквивалентного стержня-пластины (рис. 3):

$$J_{cm} = \frac{h_{cm}^3}{3 \cdot \Delta \cdot E}, \quad (1)$$

где введены обозначения:

$J_{cm}$  – момент инерции эквивалентного стержня, мм<sup>4</sup>,

$h_{cm}$  – высота связевого элемента, мм,

$\Delta$  – сдвиговая податливость (горизонтальное перемещение профиля от единичной нагрузки в 1 Н), мм/Н,

$E$  – модуль упругости, Н/мм<sup>2</sup>.

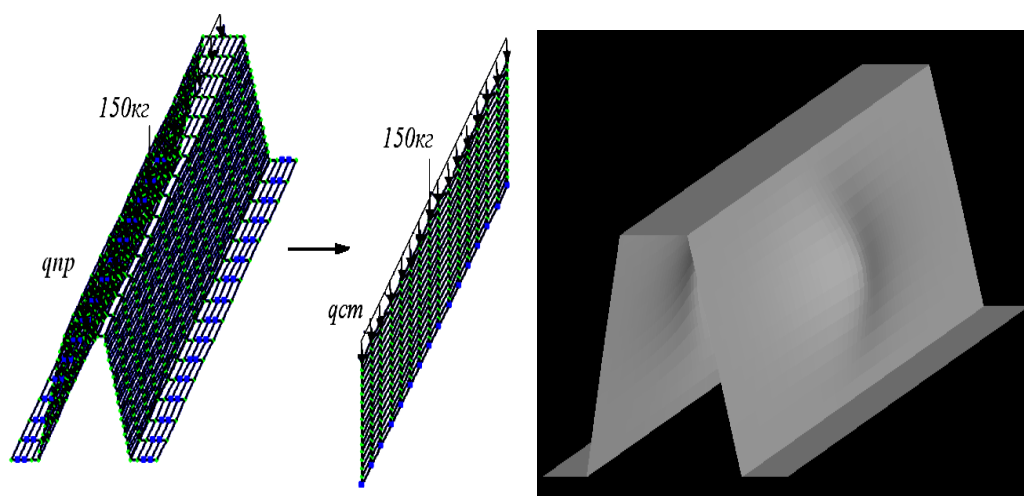


Рис. 3. Переход от  $\Omega$ -профиля к эквивалентному стержню-пластине и первая форма потери местной устойчивости стенки профиля в МКЭ модели

На основании произведенных расчетов были построены графические и аналитические зависимости толщины эквивалентного стержня от критической нагрузки на исследуемый связевой профиль (в т. ч. с учетом действия сосредоточенной монтажной нагрузки в 150 кг)  $t_{cm} = f(P^{cr})$ , а также зависимость толщины действительного профиля от толщины эквивалентного стержня пластины  $t_{пр} = f(t_{cm})$ .

Полученные функциональные зависимости были применены в математической модели трехслойных покрытий. Однако, их использование возможно только для плоских трехслойных панелей (стенные панели, плоские и скатные покрытия). Это связано с тем, что в указанных конструкциях при их работе под нагрузкой возникают относительно небольшие сдвигающие усилия, действующие на связевые элементы. Их влиянием можно пренебречь.

В результате кинематики цилиндрических покрытий на связи действуют значительные сдвигающие усилия. При этом в реальных условиях связевые профили, подвергаясь сжатию, близкому к критическому, способны получить нелинейные перемещения и становиться существенно менее жесткими на сдвиг, вследствие этого сдвиговая жесткость связей по длине покрытия будет различной. Однако применяемые в математической модели эквивалентные стержни будут перемещаться линейно, так как критическая нагрузка на эквивалентный стержень в сравнении с критической нагрузкой на действительный связевой профиль многократно больше. Это несоответствие повлечет за собой погрешности в определении деформаций покрытия в целом.

Для решения этой проблемы разработана альтернативная методика назначения толщины эквивалентного стержня. Алгоритм методики представлен на рисунке 4.



Рис. 4. Алгоритм назначения толщины эквивалентного стержня, соответствующего  $i$ -му связевому элементу

Каждый связевой профиль заданных толщины и высоты моделировался в ПК «Лира», и производился его итерационный расчет в геометрически нелинейной постановке при

совместном действии сжимающих и сдвигающих сил с целью определения горизонтальных смещений профиля (рисунок 5).

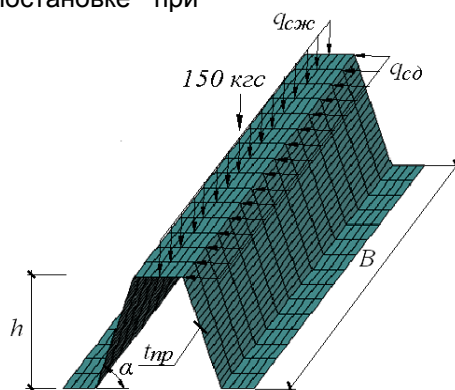


Рис. 5. Расчетная схема нагружения связевого элемента на примере  $\Omega$ -профиля

При этом сжимающие нагрузки прилагались в виде постоянной монтажной нагрузки в 150 кг, распределенных на участке площадью 100×100 мм [8], и пошагово наращиваемой линейно распределенной нагрузкой  $q_{сж}$  в диапазоне от 0 до критического значения  $q_{сж}^{cr}$ . Сдвигающая линейно распределенная нагрузка  $q_{сд}$  добавлялась с шагом 5-10 кг до того момента, пока горизонтальные смещения связевого профиля не превышали значение, равное половине высоты связевого элемента (таблица 1).

Нагрузка  $q_{сж} = 248 \text{ кгс}^1$  является критической для данного профиля, при этом нагрузка  $q_{сж} = 98 \text{ кгс}$  – критическая для предыдущего по сортаменту аналогичного профиля толщиной 0.7 мм.

Следующим шагом определялась толщина эквивалентного стержня  $t_{cm}$  для соответствующего ему профиля в функции  $t_{cm} = f(P, T, v)$  от полученных данных (таблица 1) по формуле, выведенной ранее для эквивалентного стержня в статье [6]:

$$P = \frac{v \cdot k^3 \cdot EJ_x}{(\tan kh - kh)}, \quad (2)$$

при этом:

$$k^2 = \frac{T}{EJ_x}, \quad (3)$$

Таблица 1. - Величина горизонтальных перемещений  $v$  для связевого  $\Omega$ -профиля высотой  $h = 180 \text{ мм}$  и толщиной  $t_{np} = 0.8 \text{ мм}$ ,  $\alpha = 75^\circ$

Сжимающая сила $T$ , кгс	Сжимающая сила $T$ + монтажная, кгс	Перемещения $v$ , мм, от сдвигающей силы $P$ , кгс						
		5	10	20	30	40	50	60
248	398	7.82	29.44	-	-	-	-	-
223	373	4.3	13.73	57.73	-	-	-	-
198	348	3.12	7.27	20.3	34.62	49.23	-	-
173	323	2.46	5.51	13.27	21.61	30.29	39.45	49.06
148	298	2.11	4.63	10.54	16.73	23.05	29.57	36.43
123	273	1.84	4	8.78	13.76	18.72	23.75	28.92
98	248	1.65	3.54	7.6	11.82	15.95	20.1	-

$$J_x = \frac{B \cdot t_{cm}^3}{12}, \quad (4)$$

Где введены обозначения:

$P, T$  – соответственно сдвигающая и сжимающая сосредоточенные силы, Н;

$v$  – горизонтальное смещение связевого профиля, мм;

$E$  – модуль упругости, Н/мм<sup>2</sup>;

$J_x$  – момент инерции эквивалентного стержня, мм<sup>4</sup>;

$h$  – высота связевого профиля, мм;

$B$  – ширина связевого профиля, мм;

$t_{cm}$  – толщина эквивалентного стержня.

Очевидно, что аналитически выразить величину  $t_{cm}$  из формул (2-4) достаточно сложно. Поэтому данная задача решалась путем подбора значений толщины стержня  $t_{cm}$  методом Ньютона [9]. Для каждого варианта нагружения профиля (таблица 1) подбиралось значение толщины эквивалентного стержня  $t_{cmi}$  такое, что горизонтальное перемещение стержня  $v_i$  при действии  $i$ -ых сжимающих и сдвигающих усилий было равно горизонтальному перемещению связевого профиля при аналогичных силовых факторах.

Результаты расчетов на примере указанного выше профиля приведены в таблице 2

Таблица 2 - Значения толщины эквивалентного стержня  $t_{cm}$  для связевого  $\Omega$ -профиля шириной  $B = 500$  мм, высотой  $h = 180$  мм и толщиной  $t_{np} = 0.8$  мм,  $\alpha = 75^\circ$

Сжимающая сила $T$ , кгс	Сжимающая сила $T$ + монтажная, кгс	Эквивалентная толщина $t_{cm}$ , мм, при сдвигающей силе $P$ , кгс						
		5	10	20	30	40	50	60
248	398	1.98	1.92	-	-	-	-	-
223	373	2.05	1.96	1.88	-	-	-	-
198	348	2.09	2.05	1.98	1.96	1.95	-	-
173	323	2.14	2.1	2.05	2.02	2.01	2	1.99
148	298	2.17	2.13	2.09	2.07	2.06	2.05	2.04
123	273	2.2	2.16	2.12	2.11	2.1	2.09	2.09
98	248	2.22	2.19	2.16	2.14	2.13	2.13	-

Таким образом, для каждого связевого профиля в зависимости от действующих на него силовых условий получены значения толщины соответствующего эквивалентного стержня такие, что перемещения стержня равны перемещениям действительного связевого элемента с учетом нелинейности при его критической работе.

По результатам проведенных расчетов получены нелинейные уравнения множественной регрессии  $t_{cm} = f(T, v)$ , которые были использованы в математической модели трехслойного цилиндрического свода. Пример полученного уравнения для профиля, указанного в таблицах 1-2:

$$\begin{aligned}
 t_{cm} = & 2.685 - 0.01 \cdot T - 0.018 \cdot v + \\
 & + 9.43 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 + 0.0008 \cdot v^2 - \\
 & - 4.3 \cdot 10^{-7} \cdot T^3 - 1.6 \cdot 10^{-5} \cdot v^3 + \dots \quad (5) \\
 & + 6.87 \cdot 10^{-10} \cdot T^4 + 1.11 \cdot 10^{-7} \cdot v^4 - \\
 & - 7 \cdot 10^{-10} \cdot T^2 \cdot v^2
 \end{aligned}$$

В связи с тем, что соответствие аналитических значений согласно уравнению (5) и результатов расчетов в таблицах 1-2 должно быть очень точным, что необходимо для адекватного отражения действительной работы связей в математической модели покрытия, в качестве основы для уравнений регрессии выбран полином 4-го порядка. При этом оценены точность уравнений в целом (коэффициент детерминации  $R^2 = 0.99$  стремится к единице) и значимость коэффициентов в

уравнении при каждом аргументе согласно критерию Стьюдента [10].

#### Заключение

Таким образом, в настоящей статье автором представлена математическая модель работы каждого в отдельности связевого элемента по покрытию трехслойного бескаркасного арочного свода. Модель универсальна и применима для связей различных видов и сечений, включая термопрофили. В ней учтены:

- работа связи в режиме продольно-поперечного изгиба (либо изгиба с растяжением, что рассмотрено в предыдущих работах [4, 5]);
- возможность возникновения монтажных сосредоточенных нагрузок;
- различная степень нагружения каждого связевого элемента в составе конструкции свода из-за неравномерного по покрытию приложения снеговых, ветровых и монтажных нагрузок;
- нелинейность перемещений связей при нагрузках, близких к критическим;
- возможность назначения коэффициента запаса устойчивости.

Кроме того приведенная модель связей является общей, то есть применима не только к цилиндрическим, но и к другим трехслойным панелям и покрытиям.

В ходе дальнейших исследований представляется возможным составление уравнений регрессии на основе нелинейных расчетов связевых профилей МКЭ, описывающих максимальные значения внутренних напряжений, возникающих в связевом элементе, в функции от внешней нагрузки. Это позволит с

помощью математической модели оценивать напряженно-деформированное состояние связей с точки зрения обеспечения прочности таких элементов.

### Примечания

1. В таблице 1 приведены результаты определения горизонтальных смещений связи на примере  $\Omega$ -профиля высотой  $h = 180$  мм, толщиной  $t_{пр} = 0.8$  мм и шириной  $B = 500$  мм. При этом линейно распределенные сжимающая  $q_{сж}$ , кгс/м, и сдвигающая силы  $q_{сд}$ , кгс/м, (рис. 4) представлены в таблице 1 как приведенные сосредоточенные силы соответственно  $T$  и  $P$ , кгс.

### Библиографический список

1. Еремеев, П. Г. К проектированию бескаркасных конструкций арочных сводов из холодногнутых тонколистовых стальных профилей / П. Г. Еремеев, Д. Б. Киселев, М. Ю. Арменский // Монтажные и специальные работы в строительстве / ГУП ЦНИИСК им. Кучеренко. – 2004. – № 7. – С. 54–57.
2. Айрумян, Э. А. Прочность и надежность бескаркасных арочных зданий из стальных холодногнутых профилей / Э. А. Айрумян, И. А. Румянцева // Монтажные и спец. работы в стр.-ве. – 1998. – №7. – С. 8–9.
3. Макеев, С. А. Математическая модель бескаркасного двухслойного арочного свода на основе листового стального профилированного продольно-гнутого проката / С. А. Макеев, А. В. Рудак // Строительная механика и расчет сооружений. – 2009. – № 2. – С. 2–5.
4. Белый, В. Д. Уточнение моделей связей в составе двухслойного цилиндрического свода / В. Д. Белый, Д. А. Кузьмин // Материалы 64-й НТК ГОУ «СибАДИ» в рамках Юбилейного международного конгресса «Креативные подходы в образовательной, научной и производственной деятельности», посвященного 80-летию академии. – Омск: СибАДИ, 2010. Кн. 2. – С. 175-178.
5. Белый, В. Д. Разработка уточненной модели связей в составе двухслойного цилиндрического свода / В. Д. Белый, Д. А. Кузьмин // Материалы 64-

й НТК ГОУ «СибАДИ» в рамках Юбилейного международного конгресса «Креативные подходы в образовательной, научной и производственной деятельности», посвященного 80-летию академии. – Омск: СибАДИ, 2010. Кн. 2. – С. 179-182.

6. Кузьмин, Д. А. Моделирование продольно-поперечного режима работы связи в составе двухслойного бескаркасного цилиндрического покрытия / Д. А. Кузьмин, С. А. Макеев // Труды аспирантов и студентов ГОУ «СибАДИ». Сборник трудов. Выпуск 8. – Омск: СибАДИ, 2011. – С. 100-104.

7. ЛИРА 9.4. Примеры расчета и проектирования: учебное пособие / В. Е. Боговис [и др.]. – Киев: Факт, 2008. – 280 с.

8. СНИП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия / Госстрой России.–М.: ГУП Госстроя России, 2003.– 67 с.

9. Кораблин, М. А. Информатика поиска управленческих решений. — М.: СОЛОН-Пресс, 2003. — 192 с.

10. Елисеева, И. И. Практикум по эконометрике: учеб. пособие / И. И. Елисеева, С. В. Курышева, Н. М. Гордеенко и др.; под ред. И. И. Елисеевой. - М.: Финансы и статистика, 2003. – 192 с.

### MATHEMATICAL MODEL OF THIN LINKAGES IN THE STRUCTURE OF TRIPLE-SKINNED CYLINDRICAL COVERINGS

D. A. Kuzmin

The specified general mathematical model of thin-plate cold-formed linkages in the structure of triple-skinned unsupported cylindrical coverings in a mode of combined bending and compression is presented. The conformity of displacements of equivalent cores in the mathematical model and the valid communications in the structure of a covering is considered.

*Кузьмин Дмитрий Андреевич – аспирант. Основные направления научной деятельности: «Строительные конструкции, здания и сооружения». Общее количество опубликованных работ: 8. e-mail: dimitri\_kuzmin@mail.ru*

УДК 54.055: 666.762.14

## ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА МУЛЛИТО-КОРДИЕРИТОВОЙ КЕРАМИКИ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВ ТЕПЛОВЫХ СТАНЦИЙ

В. С. Прокопец, Е. Г. Аввакумов, А. А. Гусев, В. П. Михайловский

**Аннотация.** С применением механической активации разработан способ получения муллито-кордиеритовой керамики из природных минералов и золошлаков ТЭЦ -4 (г. Омск). Описана методика синтеза и выполнен рентгенофазовый анализ образцов, определены их температуры плавления и размер частиц. Приведены прочностные характеристики огнеупорной муллито - кордиеритовой керамики, приготовленной из разных исходных компонентов.

**Ключевые слова;** активация, механическая, керамика, кордиеритовая, муллито-кордиеритовая, золошлаки, прочностные свойства.

### Введение

В ряде работ показано, что муллито-кордиеритовые композиты, состоящие из химически совместимых компонентов, наследуют полезные свойства от кордиерита (низкий коэффициент термического расширения) и от муллита (высокие температура плавления и механическая прочность), обладают повышенной спекаемостью и трещиностойкостью [1]. В связи с проблемой утилизации отвалных зол и шлаков тепловых электростанций, содержащих оксиды кремния и алюминия в больших количествах, представляет интерес определить возможность их использования в качестве исходных материалов для получения указанных композитов. Поскольку, в последнее время интенсивно развивается шликерный способ изготовления алюмосиликатных изделий, позволяющий получать их крупногабаритными и сложной конфигурации [2], этот вопрос является весьма актуальным. Для его реализации готовятся высококонцентрированные водные суспензии на основе тонкоизмельченных смесей. По этой причине использование методов механической активации и механохимии на стадиях их приготовления органично вписывается в технологию получения алюмосиликатной керамики. Опыт применения механической активации для получения кордиеритовой и муллитовой керамики описан в работах [3,4]. В настоящей работе исследована возможность получения муллито-кордиеритовых композитов из золы ТЭЦ-4 (г. Омск). Работа выполнялась в соответствии с грантом Президента РФ МК.2686.2007.8.

### Экспериментальная часть

Зола имеет следующий химический состав: вес.%,  $Al_2O_3$  27,71 %;  $SiO_2$  51,40 ;  $Fe_2O_3$  11,54;  $MgO$  0,80;  $C \sim 8,5$ . Основными мине-

ралами золы кроме оксида алюминия и кварца, являются муллит, остальные оксиды железа и обычные примеси. Содержание муллита доходит до 60 %, кварца до 20 %, оксидов железа до 15 %. Удаление оксидов железа из золы по экономическим соображениям нецелесообразно.

Механическая активация смесей проводилась в планетарной мельнице АГО-3 [5] в течение 5 мин., а затем смеси отжигались при заданной температуре.

Рентгеновские исследования порошков проводили на дифрактометре ДРОН-3 ( $Cu K\alpha$  -излучение). Съёмка образцов осуществлялась в области  $2\theta = 17 - 98$  о со скоростью 0,5 градусов в минуту. Полученные рентгенограммы сравнивались с рентгенограммами, приведенными в картотеке [6]. Размеры частиц определялись на лазерном гранулометре «Микросайзер 201А» производства ООО «ВА Инсалт» (Санкт-Петербург). Температура плавления смеси определена в печи ХА-2Б пирометром. Определение прочности на изгиб и на сжатие проводилось по стандартным методикам. Порошки прессовали в пластинки размером 4,1 x 1,5 x 0,5, отжигали при температуре 1420 °С и подвергали разрушению.

Синтез кордиерита. К золе были добавлены оксиды кремния, магния и оксид алюминия в следующих количествах (вес. %): зола 73,82 ; оксида алюминия 8,74; оксид кремния 4.64; оксид магния 10.94. Механическая активация смеси проводилась в течение 5 мин., а затем смеси отжигались при температуре 1260°С в течение 2 часов. На рис. 1 представлены данные РФА для образцов, составленной из золы и добавок оксидов, после активации и отжига при 1260°С.



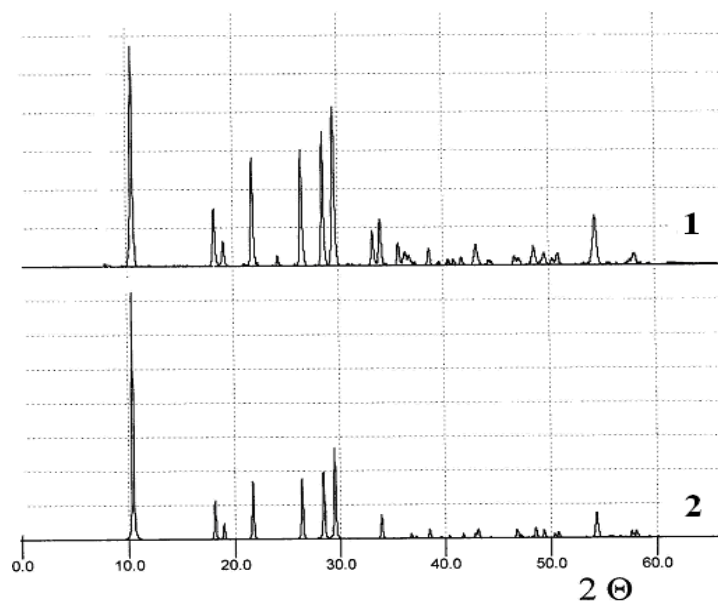


Рис.1. Рентгенограмма продукта синтеза из смеси, составленной из золы и добавок оксидов, после активации и отжига при 1260°C (1), и стандартная рентгенограмма кордиерита (2) ( карточка № 79-1439)

Как видно из сравнения рентгенограмм наблюдается полное соответствие между полученной и стандартной рентгенограмм. Указанной температуры достаточно для синтеза кордиерита из данной смеси.

Синтез муллито-кордиеритового композита. Чтобы получить состав, соответствующий кордиерито-муллитовой керамике к золе добавлены оксиды кремния, магния и алюминия в следующих количествах: вес. %, оксид кремния 13,88; оксид магния 6,96, оксида алюминия 33,37; (остальные 46,97 зола). Поскольку в природном минерале тальке соот-

ношение между оксидом магния и оксидом кремния близко к указанному, то вместо отдельных оксидов кремния и магния к золе можно добавить тальк в количестве 20 % и оксид алюминия в указанном количестве. Данная смесь активировалась и отжигалась при указанных выше условиях. Результаты по синтезу муллито - кордиеритового композита представлены на рис.2.Из него видно, что композит представляет собой механическую смесь двух фаз- кордиерита и муллита.

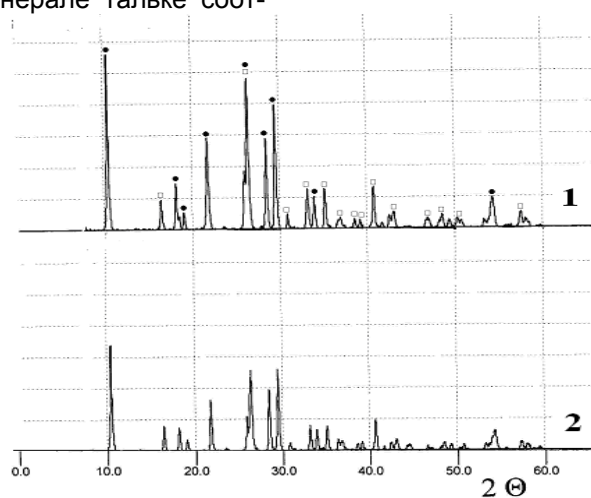


Рис. 2. Рентгенограмма продукта синтеза из смеси золы с добавками, соответствующей кордиерито-муллитовому составу (1), из природных компонентов (2) (черный кружок- кордиерит, карточка № 79-1458, полый квадрат-муллит, карточка № 79-1439)

Для сравнения были синтезированы композиты с соотношением кордиерит : муллит, равным 1:1, по реакции  $8(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}) + 4(3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) + 14\text{Al}(\text{OH})_3 = 6(2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2) + 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 + 41 \text{H}_2\text{O}$ ., в которой в качестве исходных были взяты каолин и тальк месторождений Кемеровской области, не содержащие примесных фаз, и технический гидрагиллит. Условия активации и термообработки те же самые. Из смеси природных минералов получен аналогичный композит.

Таким образом, можно утверждать, что синтез в механически активированных смесях протекает более легко, чем не в активирован-

ных, для синтеза из которых требуется температура около 1400°C. Причиной может быть наличие в смеси зародышей муллитовой фазы, а для синтеза кордиеритовой фазы достаточно более низких температур. Кроме того, как показывают данные по гранулометрическому составу, приведенные на рис.3, размеры частиц как кордиерита, так и муллит-кордиеритовой смеси, лежат в области ниже 70 мкм. Эти размеры подходят к условиям шликерного способа изготовления крупногабаритных алюмосиликатных изделий сложной конфигурации, которые могут работать при высокой температуре и агрессивной среде.

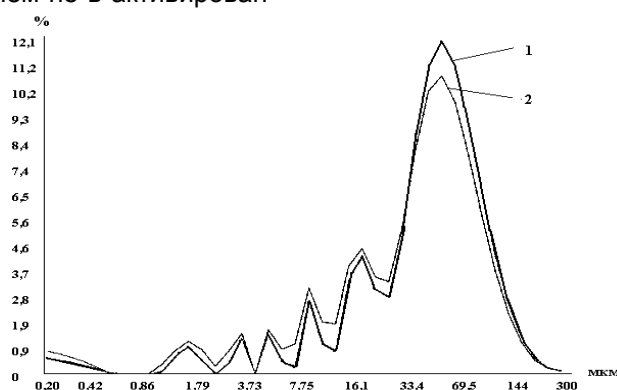


Рис. 3. Данные гранулометрического анализа синтезированных порошков кордиерита (1) и муллит-кордиеритового композита (2)

### Заключение

Эксперименты по определению температуры плавления муллит-кордиеритовой композита показали, что он выдерживает температуры до 1700-1720°C. Прочность на сжатие для керамических муллит-кордиеритовых образцов из золошлаков и спеченных при температуре 1400 градусов в течение 3 часов составляет порядка  $198 \pm 15$  МПа, что в два раза превосходит прочность на сжатие для образцов чистого муллита, полученного в аналогичных условиях (99 МПа [4]). Таким образом, в работе показана возможность утилизации золошлаковых отходов тепловых станций, путем изготовления из них муллит-кордиеритового композита, пригодного для получения широкого ассортимента огнеупорных и керамических изделий.

### Библиографический список

1. В. Н. Mussler and M.W. Shafer. Preparation and Properties of Mullite-Cordierite Composites. Bulletin of American Ceramic Soc. 1984, V.5, No.5, P. 705-714.
2. Пивинский Ю. Е. , Теоретические аспекты технологии керамики и огнеупоров. Избранные

труды. Том 1. Санкт-Петербург. Стройиздат СПб.: - 2003. 544 с.

3. Аввакумов Е. Г., Гусев А. А.. Кордиерит – перспективный керамический материал. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 1999,-166 с.

4. Луханин М. В., Аввакумов Е. Г., Павленко С. И. Роль механохимической активации в получении огнеупорной керамики на основе муллита и карбида кремния. Огнеупоры и техническая керамика 2004, №1, с 32-35.

5. Патент РФ № 1584203, Планетарная мельница, В 02 С 17/08, опубл. 18.06.87. Аввакумов Е. Г., Поткин А. Р., Березняк В. М.

6. Powder Diffraction File. Joint Committee on Powder Diffraction Standards International Centre for Diffraction Data, Pennsylvania, USA.

### PREPARATION AND PROPERTIES OF MULLITE-CORDIERITE CERAMICS ASHES FROM THERMAL STATION

V. S. Prokopets, E. G. Avvakumov,  
A. A. Gusev, V. P. Mihaylovskiy

With application of mechanical activation the way of receiving mullite-cordierite ceramics from natural minerals and золошлаков by com-

bined heat and power plant-4 (Omsk) is developed.

The technique of synthesis is described and the rentgenofazovy analysis of samples is made, their temperatures of melting and the size of particles are defined. Prochnostny characteristics of the fire-resistant mullito-kordiyeritovy ceramics prepared from different initial components are provided.

*Прокопец Валерий Сергеевич - доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Строительные материалы и специальные технологии». Основные направления научной деятельности: повышение эффективности дорожных и строительных материалов и изделий применением наноструктурных веществ механохимического способа получения. Общее количество опубликованных работ: 200.*

*Аввакумов Евгений Григорьевич - Главный научный сотрудник лаборатории интеркаляционных и механохимических реакций Института химии*

*твердого тела и механохимии Сибирского отделения РАН, доктор химических наук, профессор, Специалист в области механохимии неорганических веществ. Общее количество опубликованных работ: 275. e – mail: avvakumov@solid.nsc.ru*

*Гусев Алексей Алексеевич - Научный сотрудник лаборатории интеркаляционных и механохимических реакций Института химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения РАН, кандидат химических наук. Основные направления научной деятельности - керамическое материаловедение. Общее количество опубликованных работ: 62. e-mail: gusev@solid.nsc.ru*

*Михайловский Владимир Петрович – д-р техн.наук, профессор кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное направление научных исследований – монолитность слоистых систем типа отделочный слой – основание. Имеет более 130 опубликованных работ. E-mail: mihvp1940@mail.ru*

УДК 556.324.001.18:519.87:004.42

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДТОПЛЕНИЯ МЕЛИОРИРУЕМОГО УЧАСТКА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ

В. И. Сологаев, Н. В. Золотарев

**Аннотация.** Рассмотрено моделирование подтопления участка мелиорируемых земель методом электронных таблиц в АО «Измайловское» Калачинского района Омской области.

**Ключевые слова:** подтопление, прогнозирование, орошение, электронные таблицы, мелиорация.

#### Введение

При проведении орошения со временем возникают неблагоприятные явления на локальных ландшафтных участках, в том числе на мелиорируемых территориях сельскохозяйственного назначения. Их эксплуатация за длительное время приводит к отрицательным последствиям в виде подъема уровня грунтовых вод, засоления и подтопления. Во избежание данных последствий необходимо составить прогноз подъема УГВ и подтопления с последующим принятием мер.

Прогнозирование является основным инструментом по своевременному выявлению подтопления с последующими рекомендациями по защите мелиорируемых земель. В соот-

ветствии с этим представленное направление исследований «Моделирование подтопления и дренирования мелиорируемых земель методом электронных таблиц» является актуальным и перспективным, так как позволяет оптимизировать процессы вычисления с предоставлением результатов в численном и графическом видах.

В данной статье рассматривается применение метода компьютерного моделирования с использованием электронных таблиц для составления прогноза подъема уровня грунтовых вод (УГВ) на участке орошения в АО «Измайловское», Калачинского района Омской области.

Непосредственный расчет подъема УГВ по принятой методике произведен в следующем порядке:

1. На рассматриваемом участке генплана (рис. 1) проекта оросительной системы сточных вод выполняется визуальная оценка ландшафтно-проектных и хозяйственно-

мелиоративных ситуаций: характер рельефа (по горизонталям поверхности данного участка) с установлением генерального уклона, особенностей прилегающих природных и хозяйственных объектов, размещения полей севооборота.

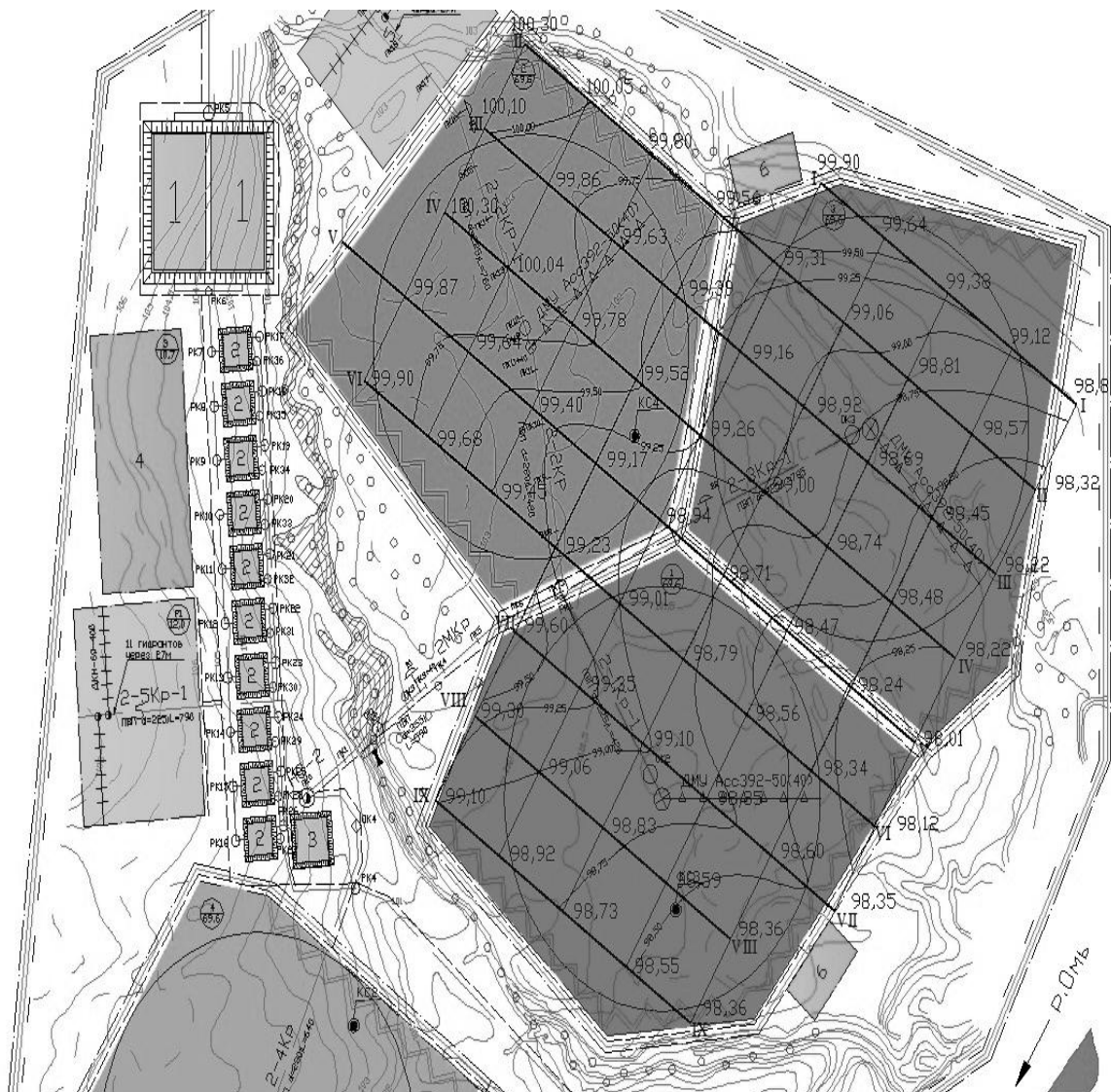


Рис. 1. План участка АО «Измайловское», Калачинского района Омской области с картой гидроизогипс на критический год подъема уровня грунтовых вод

2. С учетом данной оценки участка устанавливается направление расчетных профилей по генеральному уклону с назначением требуемого шага в соответствии с методикой моделирования.

3. В крайних исходных точках каждого профиля по гидрогеологическим изысканиям и частичной интерполяции устанавливаются

значения напоров грунтовых вод. Полученные данные заносятся в электронную таблицу и производится вычисление промежуточных значений напоров вдоль каждого из профилей.

4. Принимаются интервалы расчета по времени.

5. При запуске итерационного цикла расчета происходит установление значений напоров по промежуточным точкам в профиле по формуле моделирования.

6. Осуществляется построение результатов расчета профилей в графическом виде.

7. По графическим данным выполняется установление года достижения УГВ критического положения на участке и для него составляется план гидроизогипс.

Представленный расчет по моделированию подтопления сельскохозяйственного ландшафта использует метод электронных таблиц.

Рассматриваемый участок расположен в 110 км к востоку от областного центра г. Омска в лесостепной зоне, на расстоянии до 500 метров от водоисточника (он же водоприемник поверхностных и грунтовых вод) реки Омь. Орошение запроектировано дождевальными машинами ДМУ — АСС «Фрегат» с использованием разбавленных и биологически очищенных сточных вод хозяйства на кормовом севообороте.

Почвы участка лугово-черноземные среднесуглинистые маломощные. Грунтовые воды залегают на глубине от 4 м до 7,5 м с уклоном в сторону водоприемника. Водоупор слабоуклонный в ту же сторону с залеганием в разных точках от 7 м до 11 м от поверхности участка. Коэффициент фильтрации водонасыщенного пласта 1,7 м/сут, недостаток водонасыщения почвогрунта  $\mu_n = 0,2$ , интенсивность инфильтрационного питания  $\omega = 0,00042$  м/сут.

Рельеф участка достаточно спокойный, слабоуклонный в направлении к водоисточнику (уклон  $i = 0,002$ ). Границы полей севооборота и общая внешняя граница участка ограждены санитарнозащитными и полезащитными лесополосами. Активное движение оросительных вод в почве происходит за орошаемый период (май — август) в течение 120 дней.

Эти исходные данные являются материалом для практического применения исследуемого метода использования электронных таблиц. Конечной целью в данном случае является: установление прогноза подъема уровня грунтовых вод до критической глубины, составление профилей УГВ через расчетные промежутки времени и построение карты гидроизогипс в предкритическом состоянии. В любом расчетном случае при использовании сточных вод обязательным будет применение дренажа в буферных зонах каждого из севооборотных полей, который и показан на плане (рис. 1) части всего орошаемого участка.

Представленный расчет по моделированию подтопления сельскохозяйственного ландшафта использует метод электронных таблиц и основан на моделировании плоскопараллельного движения потока грунтовых вод со свободной поверхностью, что характерно для гидрогеологической обстановки рассматриваемого участка.

В таблице 2 представлен результат моделирования продольного профиля V-V, каждая строчка которого является временным шагом 5 лет. В крайних ячейках Н и Н<sub>е</sub> указывается значения напоров на участке, полученных в результате исследований местности.

Габариты ячеек (шаг сетки DL) представляют собой участок пространства со стороны 188 метров, что определяется по критерия устойчивости полученной модели для шага времени:

$$Dt = \frac{\mu_{\min} \cdot (DL)^2}{4 \cdot k_{\max} \cdot H_{\max}}, \quad (1)$$

где,  $\mu_{\min}$  — коэффициент водоотдачи;  $k_{\max}$  — максимальный коэффициент фильтрации;  $H_{\max}$  — максимальное значение напора; DL — шаг сетки.

Применение в основе расчетов принципа неразрывности потока, закона Дарси и метода конечных разностей позволяет произвести расчет по формуле моделирования в виде [1]:

$$H_i = \frac{H_{i-1}^s + H_{i+1}^s}{2}, \quad (2)$$

где  $H_{i-1}^s$  — значение напора в предыдущей ячейке, м.;  $H_{i+1}^s$  — значение напора в последующей ячейке, м.

Найдя значения в средних узловых точках, необходимо обеспечить изменение напора с течением времени и с учетом культур, произрастающих на данном севообороте. Для этого воспользуемся формулой (3) [2]:

$$\Delta h = \frac{\omega \cdot t}{\mu_n}, \quad (3)$$

где,  $\mu_n$  — недостаток водонасыщения;  $\Delta h$  — повышение уровня грунтовых вод, за продолжительность времени  $t$ ;  $\omega$  — интенсивность инфильтрационного питания.

Учет особенностей влияния сельскохозяйственных культур выполняется за счет значений приведенной оросительной нормы, а свойство почв через интенсивность инфильтрационного питания.

Рассчитав значения напора в таблице 1, определяются отметки положения грунтовых

вод в таблице 2, на основании которых производится построение карты гидроизогипис (рис. 1). Расчет произведен по каждому из девяти профилей расположенных на одинаковом

удалении друг от друга, что приемлемо для моделирования исследуемой площади орошаемого участка.

Таблица 1 — Компьютерная модель напорных грунтовых вод (сечение V – V), м

Н									He	сут	год
3,30	3,18	3,06	2,93	2,81	2,69	2,57	2,44	2,32	2,20	0	0
4,25	4,13	4,01	3,88	3,76	3,64	3,52	3,39	3,27	3,15	600	5
5,20	5,08	4,96	4,83	4,71	4,59	4,47	4,34	4,22	4,10	1200	10
6,15	6,03	5,91	5,78	5,66	5,54	5,42	5,29	5,17	5,05	1800	15
7,10	6,98	6,86	6,73	6,61	6,49	6,37	6,24	6,12	6,00	2400	20
8,05	7,93	7,81	7,68	7,56	7,44	7,32	7,19	7,07	6,95	3000	25

Таблица 2 — Отметки положения грунтовых вод, м

▽ УГВ, м										сут	год
96,30	96,07	95,84	95,60	95,37	95,14	94,91	94,67	94,44	94,21	0	0
97,25	97,02	96,79	96,55	96,32	96,09	95,86	95,62	95,39	95,16	600	5
98,20	97,97	97,74	97,50	97,27	97,04	96,81	96,57	96,34	96,11	1200	10
99,15	98,92	98,69	98,45	98,22	97,99	97,76	97,52	97,29	97,06	1800	15
100,10	99,87	99,64	99,40	99,17	98,94	98,71	98,47	98,24	98,01	2400	20
101,05	100,82	100,59	100,35	100,12	99,89	99,66	99,42	99,19	98,96	3000	25

Проведя прогнозирование подтопления в электронных таблицах методом конечных разностей было установлено, что грунтовые воды на участке орошения достигнут критической глубины залегания грунтовых вод через 20 лет, что указывает на необходимость проектирования систематической дренажной сети к данному сроку.

**Вывод**

1. Разработана методика прогнозирования подтопления для мелиорируемого участка с использованием электронных таблиц.

2. Произведен прогнозный расчёт для участка АО «Измайловское» Калачинского района Омской области.

3. Построена карта гидроизогипис на критический год подъема уровня грунтовых вод.

**Библиографический список**

1. Монография 2002 Сологаев В. И. Фильтрационные расчеты и компьютерное моделирование при защите от подтопления в городском строительстве: монография / В. И. Сологаев. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2002. – 416 с.

2. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации./Под ред. Маркова Е. С. - М.: Колос, 1981 - 376 с.

3. Сологаев В. И. Золотарев Н. В. О моделировании подтопления и дренирования антропогенных ландшафтов с помощью электронных таблиц на

мобильных телефонах / Материалы II международно-практической конференции, посвящённой 60 – летию экономического факультета – Института экономики и финансов Омского государственного аграрного университета конференции (27 – 28 ноября 2008 года). - Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ 2008.- 269 с.

**MODELLING THE SITE BY FLOODING RECLAIMED ELECTRONIC TABLES**

V. I. Sologaev, N. V. Zolotarev

The article deals with modeling of inundation area of irrigated land by the spreadsheet to the "Izmailovo" Kalachensk district Omsk region.

*Сологаев Валерий Иванович - д-р техн. наук, профессор кафедры «Городское строительство и хозяйство» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное направление научных исследований - защита от подтопления в городском строительстве. Имеет 79 опубликованных работ, e-mail: sologaev@rol.ru*

*Золотарев Николай Валерьевич – старший преподаватель Омского государственного аграрного университета. Основное направление научных исследований - защита от подтопления*

*в мелиоративном строительстве. Имеет 9 опубликованные работ. E-mail: zolotarev-nikolai@rambler.ru*

УДК 625.71.8:528.48

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ КОНТРОЛЯ НЕРАВНОСТЕЙ КОНСТРУКТИВНЫХ СЛОЕВ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ПРИМЕНЕНИЕМ НИВЕЛИРОВ ТИПА Н-3

Ю. В. Столбов, С. Ю. Столбова, Д. О. Нагаев, К. С. Кокуленко

**Аннотация.** Рассмотрено обеспечение необходимой точности контроля конструктивных слоев дорожных одежд (оснований и покрытий автомобильных дорог) с применением нивелиров типа Н-3. Приведены значения погрешностей и максимальных расстояний реек от нивелиров типа Н-3 при геодезическом контроле неровностей конструктивных слоев дорожных одежд. Даны рекомендации налаживать выполнение геодезического контроля не по допускаемым отклонениям, а по среднеквадратическим погрешностям с доверительными вероятностями  $P=0,90$  или  $P=0,95$ .

**Ключевые слова:** точность контроля, неровность, конструктивные слои, дорожная одежда, автомобильная дорога.

При приемке выполненных работ, согласно СНиП 3.06.03-85 (п.14.5), предусмотрено определение вертикальных отметок от проектных с шагом нивелирования через 5 м, но в каких случаях применяются шаги нивелирования 10 и 20 м не указывается. Нет рекомендаций и по обеспечению точности высотного положения оснований и покрытий автомобильных дорог, в том числе и точности контроля неровностей конструктивных слоев дорожных одежд.

При устройстве конструктивных слоев дорожных одежд (оснований и покрытий автомобильных дорог) возникают погрешности строительных и геодезических работ (детальной разбивки и контрольных измерений).

Для обеспечения точности геодезического контроля неровностей оснований и покрытий автомобильных дорог применяют нивелиры. Согласно ГОСТ 10528-90 [3], нивелиры подразделяются на 3 группы: высокоточные (типа Н-05), точные (типа Н-3) и технические (типа Н-10).

В работе [4] приведена методика расчета и нормы точности на строительные работы и геодезический контроль для обеспечения высотного положения конструктивных слоев дорожных одежд для всех категорий автомобильных дорог с учетом точности технологических процессов их устройства.

В процессе строительства автомобильных дорог путем нивелирования определяются вертикальные отметки поверхностей конструктивных слоев дорожных одежд и рассчи-

тываются отклонения их от проектных. Согласно [5], на основании полученных вертикальных отметок вычисляются алгебраические разности отметок точек (амплитуд) по выражению:

$$\delta h_i = \left| \frac{h_{i-1} + h_{i+1}}{2} - h_i \right|, \quad (1)$$

где  $h_{i-1}$  и  $h_{i+1}$  – относительные отметки предыдущей и последующей точек.

При нивелировании трех смежных точек (относительные отметки которых используются при вычислении амплитуд) поверхностей верха конструктивных слоев оснований и покрытий автомобильных дорог с шагом 5, 10 и 20 м, разницы плеч между крайними смежными точками будут соответственно составлять 10, 20 и 40 м, согласно формулы (1) для определения амплитуд  $\delta h_i$ .

Среднеквадратическая погрешность взаимного высотного положения двух точек (разности их вертикальных отметок) с одной станции нивелирования будет определяться по формуле:

$$m_r = \sqrt{m_{B_1}^2 + m_{B_2}^2 + m_o^2}, \quad (2)$$

где  $m_{B_1}$  и  $m_{B_2}$  – среднеквадратические погрешности взглядов на точки 1 и 2;

$m_o$  – среднеквадратическая погрешность несоблюдения главного условия нивелира из-за неравенства расстояний плеч  $S_1$  и  $S_2$ .

Рассмотрим обеспечение необходимой точности геодезического контроля неровностей оснований и покрытий автомобильных дорог с применением нивелиров типа Н-3 и трехметровой рейки с сантиметровыми делениями.

Точность определения отметок при нивелировании зависит от точности взглядов (отсчетов) по рейкам, которая определяется по формуле:

$$m_{\epsilon} = \sqrt{m_y^2 + m_{oc}^2 + m_{\delta}^2}, \quad (3)$$

где  $m_{\epsilon}$  – среднеквадратическая погрешность взглядов (отсчетов);

$m_y$  – среднеквадратическая погрешность приведения визирной оси нивелира в горизонтальное положение;

$m_{oc}$  – среднеквадратическая погрешность отсчета по рейке;

$m_{\delta}$  – среднеквадратическая погрешность нанесения делений на рейке.

Среднеквадратическая погрешность  $m_y$  (мм) для нивелиров типа Н-3 определяется по выражению:

$$m_y = \pm 0,2 \cdot \sqrt{\tau} \cdot S \cdot \frac{1}{\rho''}, \quad (4)$$

Таблица 1 - Среднеквадратические погрешности визирования на рейку для нивелиров типа Н-3

Расстояние от нивелира до рейки S, м	Среднеквадратическая погрешность $m_{\epsilon}$ , мм	Расстояние от нивелира до рейки S, м	Среднеквадратическая погрешность $m_{\epsilon}$ , мм
10	± 0,62	110	± 1,23
20	± 0,67	120	± 1,29
30	± 0,72	130	± 1,37
40	± 0,77	140	± 1,44
50	± 0,83	150	± 1,51
60	± 0,89	160	± 1,58
70	± 0,96	170	± 1,66
80	± 1,02	180	± 1,73
90	± 1,09	190	± 1,80
100	± 1,17	200	± 1,88

Среднеквадратическая погрешность несоблюдения главного условия нивелира из-за неравенства расстояний плеч  $S_1$  и  $S_2$ , определяемая по выражению:

$$m_{\delta} = \epsilon''(S_1 - S_2) \cdot \frac{1}{\rho''}, \quad (7)$$

где  $\tau$  – цена деления уровня ( $\tau = 20''$ );  
 $S$  – расстояние от нивелира до рейки, мм.

Среднеквадратическая погрешность отсчета по рейке определяется по выражению:

$$m_{oc} = \pm \left( 0,2 \cdot \frac{S}{V} + 0,03 \cdot t \right), \quad (5)$$

где  $V$  – увеличение зрительной трубы ( $31^{\times}$ );

$S$  – расстояние от нивелира до рейки, м;

$t$  – наименьшая цена деления рейки (10 мм).

Среднеквадратическая погрешность нанесения делений на рейке  $m_{\delta} = 0,5$  мм. Тогда формула определения  $m_{\epsilon}$  для нивелиров типа Н-3, согласно [6], будет иметь вид:

$$m_{\epsilon} = \sqrt{\left( 0,2 \cdot \sqrt{\tau} \cdot S \cdot \frac{1}{\rho''} \right)^2 + \left( 0,2 \cdot \frac{S}{V} + 0,03 \cdot t \right)^2 + (0,5)^2}. \quad (6)$$

Среднеквадратические погрешности визирования на рейку для нивелиров типа Н-3, у которых  $V=31^{\times}$  и  $\tau=20''$ , вычисленные по формуле (6), приведены в таблице 1.

где  $\epsilon$  – угол между визирной осью трубы и осью цилиндрического уровня нивелира,  $\epsilon'' = 10''$ . Значения среднеквадратической погрешности  $m_{\delta}$  приведены в таблице 2.



Таблица 2 - Среднеквадратические погрешности из-за неравенства плеч

Разность плеч $\delta S$ , м	Погрешность $m_o$ , мм	Разность плеч $\delta S$ , м	Погрешность $m_o$ , мм
10	$\pm 0,5$	60	$\pm 3,0$
20	$\pm 1,0$	70	$\pm 3,5$
30	$\pm 1,5$	80	$\pm 4,0$
40	$\pm 2,0$	90	$\pm 4,5$
50	$\pm 2,5$	100	$\pm 5,0$

В работе [4] в зависимости от коэффициентов точности технологических процессов  $T_{II}$  и допустимых значений амплитуд вертикальных отметок  $\delta_H$ , приведены нормированные значения предельных погрешностей  $\delta_{ГН}$  и, с доверительными вероятностями  $P=0,90$  и  $P=0,95$ , среднеквадратических погрешностей геодезического контроля неровностей конструктивных слоев дорожных одежд  $m_{ГН}$ .

Для обеспечения нормированного значения среднеквадратических погрешностей контроля неровностей конструктивных слоев дорожных одежд необходимо определить максимальные и минимальные расстояния удаления реек от нивелиров типа Н-3.

Приведем пример расчета:  $T_{II} = 1,0$ , шаг нивелирования через 10 м. Для дорог I, II и III категорий при использовании комплектов машин с автоматической системой задания вертикальных отметок, согласно [2], допустимое значение амплитуд вертикальных отметок  $\delta_H = 8$  мм, а нормированное значение предельной погрешности  $\delta_{ГН} = 3,60$  мм, тогда нормированное значение среднеквадратической погрешности геодезического контроля неровностей конструктивных слоев дорожных одежд, при доверительной вероятности  $P=0,95$ , будет  $m_{ГН} = 1,80$  мм.

Примем максимальное  $S_1$  и минимальное  $S_2$  расстояния от нивелира до реек соответст-

венно 100 и 80 м, а разница плеч  $\Delta S = 20$  м. Тогда при использовании нивелиров типа Н-3 и трехметровых реек с сантиметровыми делениями расчетное максимальное значение среднеквадратической погрешности определения превышений между двумя точками с одной станции (при  $m_{\theta_1} = 1,17$  мм;  $m_{\theta_2} = 1,02$  мм;  $m_o = 1,0$  мм) будет  $m_{ГР} = 1,85$  мм.

Следовательно, при геодезическом контроле неровностей оснований и покрытий автомобильных дорог с шагом нивелирования через 10 м, с доверительной вероятностью  $P=0,95$ , при коэффициенте точности технологического процесса устройства конструктивных слоев дорожных одежд  $T_{II} = 1,0$  наибольшее расстояние реек от нивелиров типа Н-3 возможно до 100 м.

Подобным образом выполнены расчеты максимальных и минимальных расстояний реек от нивелиров типа Н-3 для обеспечения точности контроля (с доверительными вероятностями  $P=0,90$  и  $P=0,95$ ) неровностей оснований и покрытий автомобильных дорог разных категорий, шагов нивелирования, коэффициентов точности устройства конструктивных слоев дорожных одежд, при использовании комплектов машин без автоматической и с автоматической системами задания вертикальных отметок. Расчетные данные приведены в таблицах 3 и 4.

## СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Таблица 3 - Значения погрешностей и максимальных расстояний (S) реек от нивелиров типа Н-3 при геодезическом контроле неровностей конструктивных слоев дорожных одежд при  $P=0,90$

Шаг нивелирования, м	Коэффициент точности технологического процесса ( $T_{\Pi}$ )	$\delta_{\Pi}$ амплитуд, мм	$\delta_{ГН}$ , мм	$m_{ГН}$ , мм	$m_{ГР}$ , мм	$S_{\max}$ , м	$S_{\min}$ , м	$\Delta S$ , м
<b>Для дорог I, II и III категорий при использовании комплекта машин без автоматической системы задания вертикальных отметок</b>								
5	$T_{\Pi} = 1,0$	7	3,15	1,91	1,95	130	120	10
	$T_{\Pi} = 1,5$		3,85	2,34	2,35	170	160	10
	$T_{\Pi} = 2,0$		6,30	3,83	2,65	200	190	10
10	$T_{\Pi} = 1,0$	12	5,40	3,28	2,74	200	180	20
	$T_{\Pi} = 1,5$		6,60	4,01	2,74	200	180	20
	$T_{\Pi} = 2,0$		10,80	6,57	2,74	200	180	20
20	$T_{\Pi} = 1,0$	24	10,80	6,57	3,17	200	160	40
	$T_{\Pi} = 1,5$		13,20	8,02	3,17	200	160	40
	$T_{\Pi} = 2,0$		21,60	13,13	3,17	200	160	40
<b>Для дорог I, II и III категорий при использовании комплекта машин с автоматической системой задания вертикальных отметок</b>								
5	$T_{\Pi} = 1,0$	5	2,25	1,37	1,40	70	60	10
	$T_{\Pi} = 1,5$		2,75	1,67	1,68	100	90	10
	$T_{\Pi} = 2,0$		4,50	2,74	2,65	200	190	10
10	$T_{\Pi} = 1,0$	8	3,60	2,19	2,18	140	120	20
	$T_{\Pi} = 1,5$		4,40	2,67	2,64	190	170	20
	$T_{\Pi} = 2,0$		7,20	4,38	2,74	200	180	20
20	$T_{\Pi} = 1,0$	16	7,20	4,38	3,17	200	160	40
	$T_{\Pi} = 1,5$		8,80	5,35	3,17	200	160	40
	$T_{\Pi} = 2,0$		14,40	8,75	3,17	200	160	40
<b>Для дорог IV, V, I-с, II-с, III-с категорий и внутренних дорог промышленных предприятий при использовании комплекта машин без автоматической системы задания вертикальных отметок</b>								
5	$T_{\Pi} = 1,0$	10	4,50	2,74	2,65	200	190	10
	$T_{\Pi} = 1,5$		5,50	3,34	2,65	200	190	10
	$T_{\Pi} = 2,0$		9,0	5,47	2,65	200	190	10
10	$T_{\Pi} = 1,0$	16	7,20	4,38	2,74	200	180	20
	$T_{\Pi} = 1,5$		8,80	5,35	2,74	200	180	20
	$T_{\Pi} = 2,0$		14,40	8,75	2,74	200	180	20

## СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Таблица 4 - Значения погрешностей и максимальных расстояний (S) реек от нивелиров типа Н-3 при геодезическом контроле неровностей конструктивных слоев дорожных одежд при  $P=0,95$

Шаг нивелирования, м	Коэффициент точности технологического процесса ( $T_{II}$ )	$\delta_H$ амплитуд, мм	$\delta_{ГН}$ , мм	$m_{ГН}$ , мм	$m_{ГР}$ , мм	$S_{max}$ , м	$S_{min}$ , м	$\Delta S$ , м
<b>Для дорог I, II и III категорий при использовании комплекта машин без автоматической системы задания вертикальных отметок</b>								
5	$T_{II} = 1,0$	7	3,15	1,58	1,68	100	90	10
	$T_{II} = 1,5$		3,85	1,92	1,95	130	120	10
	$T_{II} = 2,0$		6,30	3,15	2,65	200	190	10
10	$T_{II} = 1,0$	12	5,40	2,70	2,75	200	180	20
	$T_{II} = 1,5$		6,60	3,30	2,75	200	180	20
	$T_{II} = 2,0$		10,80	5,40	2,75	200	180	20
20	$T_{II} = 1,0$	24	10,80	5,40	3,17	200	160	40
	$T_{II} = 1,5$		13,20	6,60	3,17	200	160	40
	$T_{II} = 2,0$		21,60	10,80	3,17	200	160	40
<b>Для дорог I, II и III категорий при использовании комплекта машин с автоматической системой задания вертикальных отметок</b>								
5	$T_{II} = 1,0$	5	2,25	1,12	1,22	50	40	10
	$T_{II} = 1,5$		2,75	1,38	1,40	70	60	10
	$T_{II} = 2,0$		4,50	2,25	2,15	150	140	10
10	$T_{II} = 1,0$	8	3,60	1,80	1,85	100	80	20
	$T_{II} = 1,5$		4,40	2,20	2,25	150	130	20
	$T_{II} = 2,0$		7,20	3,60	2,75	200	180	20
20	$T_{II} = 1,0$	16	7,20	3,60	3,17	200	160	40
	$T_{II} = 1,5$		8,80	4,40	3,17	200	160	40
	$T_{II} = 2,0$		14,40	7,20	3,17	200	160	40
<b>Для дорог IV, V, I-с, II-с, III-с категорий и внутренних дорог промышленных предприятий при использовании комплекта машин без автоматической системы задания вертикальных отметок</b>								
5	$T_{II} = 1,0$	10	4,50	2,25	2,15	150	140	10
	$T_{II} = 1,5$		5,50	2,75	2,65	200	190	10
	$T_{II} = 2,0$		9,0	4,50	2,65	200	190	10
10	$T_{II} = 1,0$	16	7,20	3,60	2,75	200	180	20
	$T_{II} = 1,5$		8,80	4,40	2,75	200	180	20
	$T_{II} = 2,0$		14,40	7,20	2,75	200	180	20

При геодезическом контроле неровностей конструктивных слоев дорожных одежд необходимо вычислять горизонт инструмента по отметкам двух смежных пикетов, для уменьшения влияния погрешностей во взаимном их высотном положении, и среднее его значение

принимать за исходное. Выполненные расчеты по обеспечению точности геодезического контроля неровностей конструктивных слоев дорожных одежд показывают, что необходимо налаживать выполнение геодезических и строительных работ не по допускаемым от-

клонениям, а по среднеквадратическим погрешностям с доверительными вероятностями  $P=0,90$  или  $P=0,95$ .

### Библиографический список

1. ГОСТ 21778-81 (СТ СЭВ 2045-79). Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения - Введ. 1980-12-02. - М.: Изд-во стандартов, 1981. - 9 с.
2. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги. Госстрой СССР.- М.ЦИТП Госстроя СССР, 1985.- с.106.
3. ГОСТ 10528-90. Нивелиры. Общие технические условия. - Введ. 1991-07-01. - М.: Изд-во стандартов, 1990. - 14 с.
4. Столбов Ю. В., Столбова С. Ю., Нагаев Д. О., Кокуленко К. С. Обоснование допусков на строительные и геодезические работы для обеспечения высотного положения оснований и покрытий автомобильных дорог // Известия вузов. «Строительство» 2010, №9. - с. 75-80.
5. ГОСТ 30412-96. Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерения неровностей оснований и покрытий. - Введ. 1997-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1996. - 7 с.
6. Практическое пособие по метрологическому обеспечению строительного производства. - М.: Стройиздат, 1975. - 64с.

### MAINTENANCE OF ACCURACY OF CONTROL OF ROUGHNESSES OF CONSTRUCTIVE LAYERS OF ROAD CLOTHES WITH APPLICATION OF LEVELS OF TYPE N-3

Yu. V. Stolbov, S. Yu. Stolbova,  
D. O. Nagaev, K.S. Kokulenko

Maintenance of necessary accuracy of control of constructive layers of road clothes (the

bases and coverings of highways) with application of levels of type N-3 is considered. Values of the maximum distances of laths from levels of type N-3 are resulted at geodetic control of roughnesses of constructive layers of road clothes. Recommendations to adjust performance of geodetic control not on permissible deviations, and on average quadratic to errors with confidential probabilities  $P=0,90$  or  $P=0,95$ .

*Столбов Юрий Викторович - доктор технических наук, профессор кафедры «Геодезия» ФГБОУ ВПО СибАДИ». Основные направления научной деятельности: обоснование допусков на геометрические параметры строительных конструкций и контроль качества строительства. Общее количество опубликованных работ: 125. e-mail: stolbov\_yv@sibadi.org .*

*Столбова Светлана Юрьевна - кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Недвижимость и строительный бизнес ФГБОУ ВПО СибАДИ». Основные направления научной деятельности: обоснование и обеспечение точности возведения зданий и сооружений. Общее количество опубликованных работ: 30. e-mail: stolbova\_sy@sibadi.org*

*Нагаев Дмитрий Олегович - инженер ФГБОУ ВПО СибАДИ. Основные направления научной деятельности: строительство автомобильных дорог. Общее количество опубликованных работ: 9. e-mail: dn55@mail.ru*

*Кокуленко Константин Сергеевич - инженер Сибирский центр ценообразования в строительстве, промышленности и энергетике. Основные направления научной деятельности: строительство зданий и сооружений. Общее количество опубликованных работ: 6. e-mail: k-k-s19@mail.ru*

УДК 666.96.01/05; 666.964

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛЫ УНОСА ГУСИНООЗЕРСКОЙ ГРЭС В КАЧЕСТВЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Л. А. Урханова, А. В. Битуев

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы получения асфальтобетона с использованием в качестве минерального порошка золы уноса Гусиноозерской ГРЭС. Получен пористый асфальтобетон с использованием в качестве минерального порошка исходной золы уноса и плотный асфальтобетон с использованием активированного минерального порошка.

**Ключевые слова:** минеральный порошок, зола уноса, асфальтобетон, прочность при сжатии.

#### Введение

Острый дефицит минеральных порошков (МП) для приготовления асфальтобетонных

смесей и возросшая их стоимость вызывает необходимость расширения сырьевой базы асфальтобетонов. По данным ФГУ

«Управление дороги «Южный Байкал» потребность в минеральном порошке для асфальтобетона при выполнении работ по ремонту и капитальному ремонту федеральных автодорог составляет 630 тонн в год. В настоящее время ФГУ «Упрдор «Южный Байкал» в составе асфальтобетона использует в основном мраморный минеральный порошок, поставляемый в управление ЗАО «Дорожник» (г. Слюдянка, Иркутская область).

В планах Филиала ОАО «ОГК-3» «Гусиноозерская ГРЭС» (ГО ГРЭС) стоит вопрос о переходе №5 и №6 энергоблоков ГО ГРЭС на сухое удаление золы уноса (ЗУ). В связи с этим ГО ГРЭС проводит маркетинговые исследования по основным направлениям использования ЗУ в гражданском и дорожном строительстве. Одним из направлений использования ЗУ является использование её в качестве МП для асфальтобетонных смесей.

Известен опыт использования золы уноса и золошлаковых смесей от сжигания каменных и бурых углей, торфов в качестве МП для приготовления асфальтобетонных смесей, применение которых позволяет получать материал с нормативными физико-химическими характеристиками [1-3]. Однако проведенные исследования показали, что очень часто основными недостатками асфальтобетонов с применением в качестве минерального порошка золошлаковых отходов являются повышенное водонасыщение, пониженная водостойкость и прочность при сжатии при 50°С.

Это объясняется меньшей структурирующей способностью зол по сравнению с карбонатными МП. Кроме того, исследования показали, что большие различия в свойствах золошлаковых смесей получили отражение и в физико-механических характеристиках асфальтобетонных смесей, приготовленных на их основе.

**Основная часть**

В работе был проведен комплекс экспериментальных исследований по возможности использования золы-уноса, получаемый от сжигания окино - ключевских углей (Республика Бурятия), в качестве МП для получения асфальтобетона. Цель экспериментальных исследований заключалась в получении эффективных композитов для дорожных покрытий, сохраняющих стабильность свойств, как при высокой, так и при низкой температуре эксплуатации, а также возможность более масштабного использования золы уноса в дорожном строительстве.

Исследования проводили на ЗУ II и IV полей электрофильтров. Для сравнения результатов исследований для получения асфальтобетона использовали мраморный МП. Для получения асфальтобетона использовали битум нефтяной дорожный вязкий производства НПЗ «Ангарский битумный завод» - БНД 90/130. Физико-механические показатели минеральных порошков, определенные согласно ГОСТ 9128, Р 52129, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические показатели минерального порошка

Показатели	Минеральный порошок			
	МП-1		МП-2	
	требования ГОСТ Р 52129-2003	мрамор	требования ГОСТ 9128-97	зола-унос II поля Окино-Ключевских углей
Зерновой состав, мас. %, не менее, мм				
1,25	не менее 100	100 98	не менее 95 не менее 80	100 99,3
< 0,315	не менее 90	77,4	60	68,3
<0,071	70-80			

Пористость, %	не более 40	33	не более 45	40
Набухание образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	не более 2,5	2,0	-	2,7
Показатель битумоемкости, г/100 см <sup>3</sup> , не более	не нормируется	-	не более 100	68,1
Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом, %	-	-	не менее 0,6	0,99
Влажность, масс. %	не более 1	1	не более 2	0

С целью определения структурирующей способности МП из золы уноса, МП из смеси золы уноса и мраморного порошка (зола уноса: мраморный порошок = 80:20) были проведены исследования его смесей с битумом при различном массовом соотношении битума и порошка (Б/МП). Согласно ГОСТ Р 52129 содержание битума в асфальтовяжущем при использовании в качестве минерального порошка ЗШО должно лежать в пределах 25-30 %, в проводимых исследованиях содержание битума в составах вяжущих лежало в преде-

лах от 13 до 23 %.

Приготовление смесей битума и порошка, формовка образцов диаметром и высотой 50,5 мм выполнялась при температуре 150-160°С и уплотняющем давлении 10 МПа. Предел прочности при сжатии определялся при 20°С и скорости деформирования 3 мм/мин, средняя плотность определялась гидростатическим взвешиванием образцов асфальтовяжущего. Средняя плотность, прочность при сжатии, водонасыщение полученного асфальтовяжущего приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Свойства асфальтовяжущего с использованием различных минеральных порошков

Показатели асфальтовяжущего	Массовая доля битума в минеральном порошке, %									
	Зола-унос				Мраморный порошок+зола уноса= 20+80			Мрамор		
	13	18	23	28	13	18	23	13	18	23
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	1,62	1,66	1,74	1,74	1,74	1,82	1,82	1,62	1,69	1,75
Прочность при сжатии, МПа	1,3	2,21	2,98	2,26	1,75	2,4	1,7	4,5	5,2	5,1
Водонасыщение, %	15	5,68	0,17	0,01	11,65	1,53	0,3	5,2	1,5	0,2

Как видно, оптимальное содержание битума в асфальтовяжущем, приготовленном на мраморном порошке, составляет 13-14 %, в то время как на золе уноса – 18,5 – 19,5 %. Установлено также, что прочностные показатели систем с оптимальным количеством битума в составе асфальтовяжущих на мраморном и зольном наполнителях, их смеси при температуре испытания 20°С сильно не различаются. Анализируя полученные результаты, мож-

но сделать вывод, что МП ЗУ по сравнению с МП зола уноса+мраморный порошок не требует увеличения органического связующего, хотя последний по сравнению с золой уноса обладает большей структурирующей способностью асфальтовяжущего, что позволяет получить лучшие показатели прочности при сжатии и водонасыщения.

Учитывая, что на федеральных дорогах ФГУ Упрдор «Южный Байкал» укладывают

асфальтобетонные смеси при температуре не менее 120°C, в работе готовили горячие асфальтобетонные смеси, тип Б плотного асфальтобетона, содержание щебня от 40 до 50 %, с использованием в качестве минерального порошка исходной ЗУ. Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- на исходной золе окино - ключевских углей получен пористый асфальтобетон с остаточной пористостью от 5 до 10 %, который может быть использован для нижнего слоя покрытия и основания дорожных одежд;

-асфальтобетон с использованием ЗУ окино-ключевских углей не соответствует требованиям ГОСТ 9128 к плотному асфальтобетону по водостойкости как при ускоренном методе определения, так и при длительном водонасыщении в течение 15 сут (Кв=0,84 и 0,66 соответственно), что можно объяснить структурой исходной золы, имеющей сферические стекловидные частицы, внутри полые, кото-

рые заполняются водой, снижая водостойкость асфальтобетона;

- по трещиностойкости асфальтобетон с использованием ЗУ соответствует плотному асфальтобетону согласно ГОСТ 9128.

С целью улучшения гидрофобных свойств асфальтобетона золу уноса активировали различными добавками. Для активации минерального порошка были использованы битумная эмульсия, карбидный ил (ЗАО «Улан-Удэстальмост») и гидрофобная добавка КЭ 30-04 (ООО МП Ксеросил). Используемая битумная эмульсия соответствует ГОСТ Р 52128, карбидный ил (отход производства ацетилена, образуемый при гидратации карбида кальция на ЗАО «Улан - Удэстальмост») - ТУ 206-9290-08-90.

Показатели свойств асфальтобетона с активированными минеральными порошками представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Свойства асфальтобетона на активированных минеральных порошках

Наименование свойств	ГОСТ 9128-2009	Молотая зола уноса	Исходная зола уноса + 0,3 % КЭ 30-04	Исх. ЗУ + 2 % карбидный ил	исх. ЗУ + 2 % битумной эмульсии
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	–	2,3	2,35	2,33	2,32
Водонасыщение, % по объему	1,5-4,0	3,6	1,04	1,34	1,21
Предел прочности при сжатии, МПа, при температурах: 20 <sup>0</sup> С 50 <sup>0</sup> С 0 <sup>0</sup> С	не менее 2,0 не менее 0,8 не более 10	5,49 2,16 11,5	3,37 1,36 6,45	3,0 1,53 5,45	2,62 1,14 5,59
Водостойкость при ускоренном водонасыщении, Кв	не менее 0,85	0,79	0,97	0,99	1,01
Водостойкость при длительном водонасыщении, 15 суток Кв <sup>15</sup>	не менее 0,75	0,72	0,85	0,84	0,95
Водостойкость при длительном водонасыщении, 30 суток Кв <sup>30</sup>		-	0,72	0,81	0,9
Водостойкость при длительном водонасыщении, 45 суток Кв <sup>45</sup>		-	0,72	0,8	0,85

Сцепление битума с мин. частью а/б смеси	выдержит или не выдержит	выдержит	выдержит	выдержит	выдержит
Трещиностойкость по пределу прочности при растяжении при расколе при $t C^0$ , МПа	не менее 2,0 не более 6,5	3,34	2,35	2,1	2,49
Коэффициент теплостойкости, $R_{50}/R_{20}$	-	0,39	0,4	0,51	0,43
Коэффициент температурной чувствительности $R_{50}/R_0$	-	0,18	0,21	0,28	0,2
Расчетная трещиностойкость, $R_0/R_{50}$	-	5,55	4,74	3,56	4,9

Очевидно, что введение в качестве активатора ЗУ различных добавок, приводит к улучшению характеристик асфальтобетона. Происходит снижение показателей водонасыщения до 1-1,3 %, водостойкость асфальтобетона с активированным минеральным порошком при ускоренном водонасыщении лежит в пределах 0,95-1,01, что соответствует требованиям ГОСТ 9128 для плотных асфальтобетонных смесей. Полученные данные свидетельствуют о том, что при активации ЗУ

гидрофобной добавкой КЭ 30-04, карбидным илом и битумной эмульсией возрастает сцепление битума с поверхностью активированной золы, что сказывается на физико-механических свойствах дорожного композита.

В ЦКП «Прогресс» ВСГУТУ был выполнен электронно-микроскопический анализ (ЭМА) асфальтобетона с использованием различных минеральных порошков (рис. 1). ЭМА выполнялся на растровом электронном сканирующем микроскопе JEOL-JSM-6510LV.

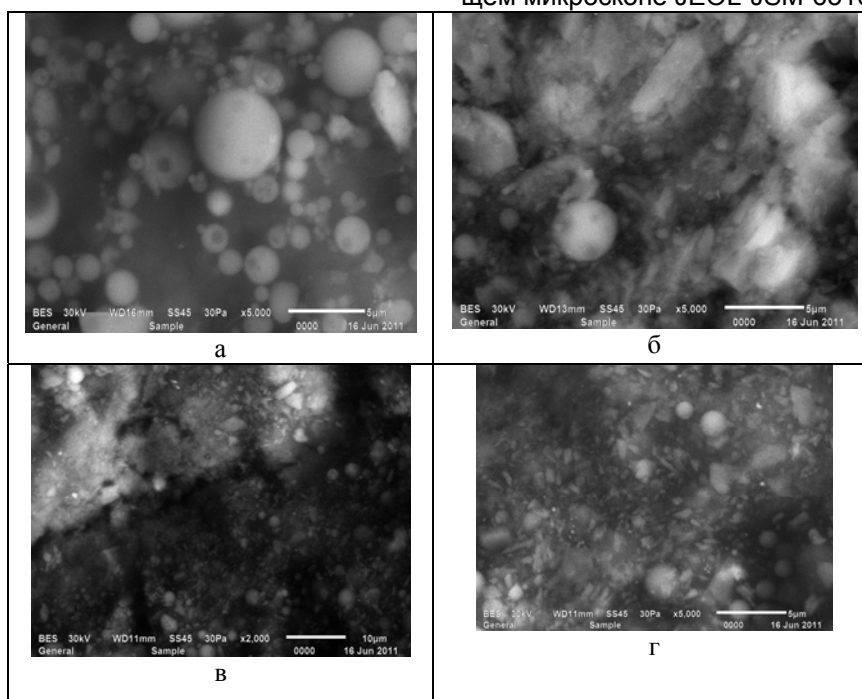


Рис. 1. - ЭМА асфальтобетона с различными минеральными порошками: а - асфальтобетон (зола уноса 100 %), б - асфальтобетон (50 % мраморный минеральный порошок: 50 % зола уноса), в, г – асфальтобетон (зола уноса + битумная эмульсия)

Анализ электронно-микроскопических снимков позволяет сделать вывод об эффек-

тивности активации МП – золы уноса битумной эмульсией. В этом случае получается бо-



лее плотная мелкозернистая структура асфальтобетона. Активированный минеральный порошок имеет прочные контактные связи с органическим битумом, повышая прочностные показатели органо-минерального композита. При использовании ЗУ в качестве минерального порошка четко видны сферические зерна ЗУ, менее плотная структура асфальтобетона, что сказывается на физико-механических характеристиках последнего.

### **Заключение**

Таким образом, использование ЗУ Гусиноозерской ГРЭС в качестве минерального порошка позволило получить пористый асфальтобетон, который может быть использован для нижнего слоя покрытия и основания дорожных одежд; при активировании ЗУ активными добавками при правильном подборе состава асфальтобетонной смеси возможно получение плотного асфальтобетона, рекомендуемого при устройстве верхних слоев покрытий автомобильных дорог III и IV категории дорог.

### **Библиографический список**

1. Лукашевич, В. Н. Применение асфальтобетонных смесей, приготовленных при комплексном использовании в качестве минерального порошка зол уноса ТЭС и сланцевых флюсов, для устройства покрытий автомобильных дорог // Проектирование, строительство, ремонт и содержание транспортно-строительных сооружений в условиях Сибири: сб. трудов конф. - Томск, 1997.
2. Применение порошковых отходов промышленности в асфальтобетоне // ЦБНТИ Минавтодора РСФСР. - М., 1990.
3. Ярмолинская, Н. И. Повышение коррозионной стойкости асфальтобетона на основе отходов

ТЭС /Н. И. Ярмолинская, Л. С. Цупикова //Строительные материалы. - 2007. - №9. - С.46-47.

### **USING OF FLY ASH OF GUSINOOZERSK STATE DISTRICT POWER STATION AS MINERAL POWDER FOR ASPHALT ONCRETE**

L. A. Urkhanova, A. V. Bituev

In this article the questions of obtaining of asphalt concrete with using of fly ash of Gusinoozersk state district power station as a mineral powder are considered. Porous asphalt concrete with a mineral powder of the original fly ash and dense asphalt concrete with using of activated mineral powder are obtained.

*Урханова Лариса Алексеевна - доктор технических наук, профессор, и.о. зав. кафедрой «Производство строительных материалов и изделий» ФГБОУ ВПО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления». Основные направления научной деятельности: Разработка вяжущих веществ и бетонов на основе природного и техногенного сырья. Общее количество опубликованных работ: 102. e-mail: urkhanova@mail.ru.*

*Битуев Александр Васильевич - доктор технических наук, профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство ФГБОУ ВПО «Восточно - Сибирский государственный университет технологий и управления». Основные направления научной деятельности: Разработка эффективных дорожно-строительных материалов. Общее количество опубликованных работ: 60.*

## РАЗДЕЛ III

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 621.777: 621.984.5

### «ЗОЛОТАЯ» ПРОПОРЦИЯ В ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

А. А. Александров

**Аннотация.** Представлены результаты предельных решений задач плоской деформации по осадке клина и деформированию полосы в клиновой матрице методами линий скольжения, верхней и нижней оценки. Приведены новые графо-аналитические результаты, дополняющие известные решения. Показано, что оптимальные результаты, полученные этими методами, описываются семейством кривых третьего порядка и связаны с «золотой» пропорцией.

**Ключевые слова:** клиновая матрица, оптимизация, графо-аналитический метод, «золотая» пропорция, гипоциклоида, простой сдвиг.

#### Введение

Метод верхней оценки (МВО), метод нижней оценки (МНО) и метод линий скольжения (МЛС) основаны на энергетических теоремах [1-8] и применяются в инженерной практике для осуществления расчетов процессов пластического деформирования металла.

Для выявления геометрической взаимосвязи результатов, полученных МНО [5-7], МВО [3, 6, 8, 11] и МЛС [1, 2, 6] с использованием разрывных полей напряжений и скоростей в виде треугольных блоков, сравним результаты оптимизационных и замкнутых решений некоторых задач плоской деформации, а именно, волочение (прессование) полосы через симметричную клиновую матрицу и осадку тупого клина.

#### Основная часть

Анализ известных решений задач ОМД, полученных разными методами, показывает, что результаты многих решений, включая оптимизационные, предельные и замкнутые, связаны с «золотой» пропорцией.

Например, можно показать, что такую связь имеют результаты расчета деформаций при простом конечном сдвиге (рис. 1), который определяется величиной  $\gamma = \operatorname{tg} \alpha$ .

При сдвиге, как известно, происходит поворот осей главных направлений деформации, а круг радиуса  $a$  деформируется в эллипс с полуосями  $A$  и  $B$  [8, 11]:

$$A = a\sqrt{\lambda_1}, \quad B = a\sqrt{\lambda_2},$$

$$\text{Где } \lambda_1 = 1 + \gamma(\gamma + \sqrt{4 + \gamma^2})/2;$$

$$\lambda_2 = 1 + \gamma(\gamma - \sqrt{4 + \gamma^2})/2.$$

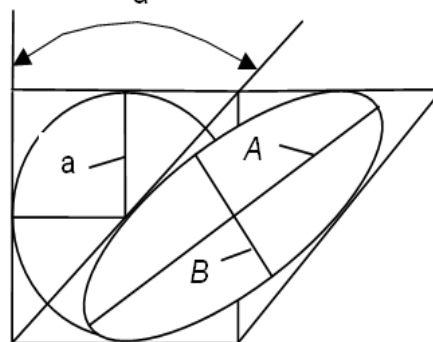


Рис. 1. Схема деформации простого конечного сдвига

На рис. 1 показан простой конечный сдвиг на угол  $\alpha = \pi/4$ , следовательно, его величина  $\gamma = \operatorname{tg} \pi/4 = 1$ . Полуоси «эллипсов деформаций» составят:  $A \approx 1,618a$ ,  $B \approx 0,618a$ .

$$\lambda_1 = 1 + (1 + \sqrt{5})/2 \approx 2,6180339;$$

$$\lambda_2 = 1 + (1 - \sqrt{5})/2 \approx 0,3819661.$$

При условии постоянства объема

$$\sqrt{\lambda_1 \lambda_2} = (1 + \varepsilon_1)(1 + \varepsilon_2) = 1.$$

Главные удлинения  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$ :

$$\varepsilon_1 = \frac{A}{a} - 1 = \sqrt{\lambda_1} - 1 \approx 0,6180339,$$

$$\varepsilon_2 = \frac{B}{a} - 1 = \sqrt{\lambda_2} - 1 \approx -0,3819661.$$

Следовательно, материал растягивается на  $\approx 62\%$  в одном главном направлении и сжимается на  $\approx 38\%$  в другом.

Конечный поворот на угол при простом сдвиге определяется разностью углов для главных направлений. Эти углы вычисляются из формул:

$$\text{до деформации} \quad \text{tg} \alpha_1 = \frac{\lambda_1 - 1}{\gamma}$$

$$\text{tg} \alpha_2 = \frac{\lambda_2 - 1}{\gamma}$$

$$\text{после деформации} \quad \text{tg} \alpha_1^* = \frac{\lambda_1 - 1}{\gamma \lambda_1}$$

$$\text{tg} \alpha_2^* = \frac{\lambda_2 - 1}{\gamma \lambda_2}$$

Найдем углы главных направлений:

$$\text{tg} \alpha_1 = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \approx 1,6180339;$$

$$\alpha_1 \approx 58,2825^\circ;$$

$$\text{tg} \alpha_1^* \approx 0,6180339; \quad \alpha_1^* \approx 31,7175^\circ;$$

$$\text{tg} \alpha_2^* \approx -1,6180339; \quad \alpha_2^* \approx -58,2825^\circ;$$

$$\text{tg} \alpha_2 \approx -0,6180339; \quad \alpha_2 \approx -31,7175^\circ.$$

Таким образом, при простом конечном сдвиге определяемые параметры: значения полуосей «эллипса деформации», главные удлинения и тангенсы углов главных направлений выражаются числами «золотой» пропорции. Наилучшим образом это видно при задании величины сдвига целым числом. Аналогичные примеры приведены в монографии А. Надаи [11].

В задаче деформации полосы в гладкой клиновой матрице используется простейшая кинематическая схема [3], представленная на рис. 2 ввиду симметрии процесса ее половинной. Зона пластической деформации имеет вид треугольного блока, одна из вершин которого находится на оси симметрии.

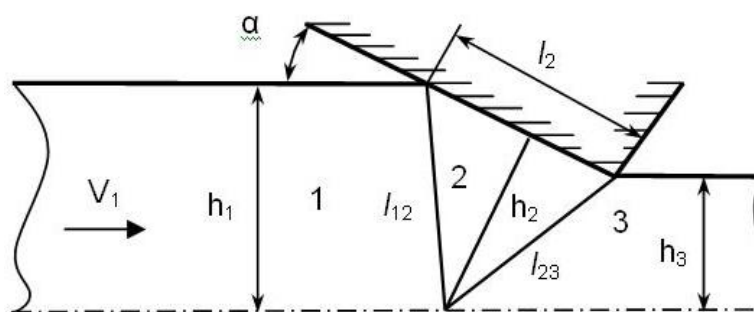


Рис. 2. Расчетная схема

Особенностью МВО является возможность построения годографа скоростей (рис. 3) для вычисления значения скорости каждого в рассматриваемом случае треугольного блока.

Отметим также возможность совмещения (наложения) физической плоскости с плоскостью годографа скоростей для принятой расчетной схемы деформации.

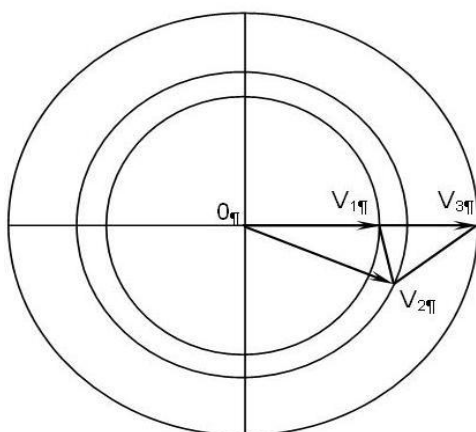


Рис. 3. Годограф скоростей

Представленные в статье результаты решения задач получены с применением следующих уравнений для вычисления составляющих удельной деформирующей силы на линиях разрыва скоростей треугольных блоков [12]

$$p_i = \tau_k \frac{l_i}{h_i}, \quad (1)$$

$$p_{ij} = \tau_s \frac{l_{ij}^2}{h_i \cdot h_j} \sin \alpha, \quad (2)$$

где  $\tau_s$  – предел текучести металла на сдвиг;  $\tau_k$  – контактное касательное напряжение,  $\tau_k = \mu \tau_s$ ,  $\mu$  – коэффициент пластического трения ( $0 \leq \mu \leq 1$ );  $l_{ij}$  – длины границ между блоками  $i$  и  $j$ ;  $l_i$  и  $l_j$  – длины сторон  $i$ -го и  $j$ -го блоков параллельные линиям тока в этих треугольных блоках,  $h_i$

и  $h_j$  – высоты блоков;  $\alpha$  – угол поворота линии тока на границе блоков  $i$  и  $j$ .

При решении задачи о деформации полосы в клиновой матрице в работе [12] показано, что при угле матрицы, определяемом из выражения

$$\cos \alpha = 2 \cdot \sqrt{\frac{h_1 \cdot h_3}{\mu \cdot (h_1^2 - h_3^2) + (h_1 + h_3)^2}}. \quad (3)$$

величина удельной силы описывается уравнением

$$p_{opt} = 2\tau_s \sqrt{\frac{(h_1 - h_3)^2 + \mu(h_1^2 - h_3^2)}{h_1 h_3}} = 4\tau_s \operatorname{tg} \alpha. \quad (4)$$

Данное решение согласуется с результатами, приведенными в [3, 8]. Геометрические соотношения матрицы и очага деформации, отвечающие (3) представлены на рис. 4.

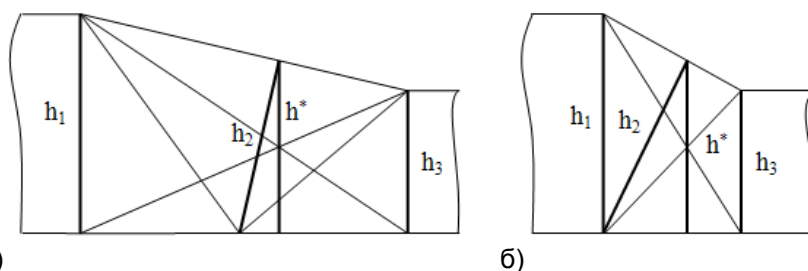


Рис. 4. Геометрические построения по результатам оптимизационного решения МВО [12]: (а) при  $\mu = 0$ ; (б) при  $\mu = 1$

Нижняя оценка величины деформирующей силы полученная решением этой задачи для гладкой матрицы с использованием кругов Мора в работе [5]:

$$p = 2k(1 + \sin \alpha)r, \quad (5)$$

где  $r = (h_1 - h_3)/h_1$ .

Расчеты по (4) и (5) показывают, что для МВО усилия минимальны, а для МНО напря-

жения максимальны при одинаковых геометрических соотношениях матрицы и очага деформации (рис. 4а). В этом случае выражение (5) можно записать

$$p = 2k(1 + \sin \alpha)r = 4k \sin \alpha. \quad (6)$$

Сравнение (4) и (6) показывает, что расхождение определяется функцией угла.

По найденным оптимальным соотношениям матрицы в плоскости годографа скоростей построены кривые, соответствующие абсолютному минимуму удельной силы при заданной величине обжатия (рис. 5). Видно, что полученные кривые являются гипоциклоидами, т.е. кривыми третьего порядка. Форма петли, образуемой левой ветвью кривой, изменяется от строфоиды при  $\mu = 0$  до окружности при  $\mu = 1$ .

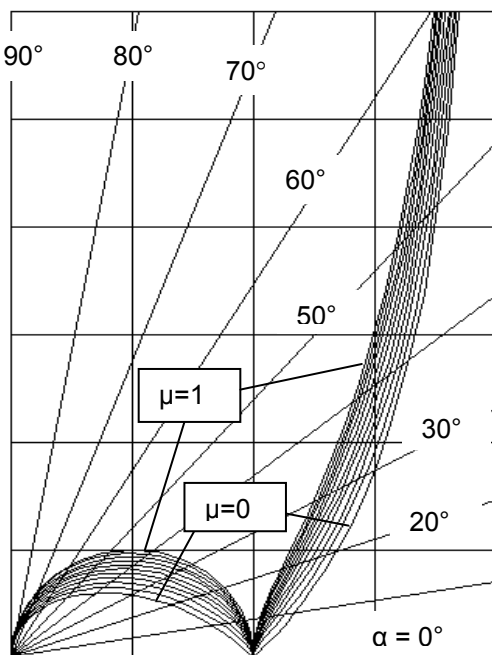


Рис. 5. Семейство гипоциклоид

Известно, что подобные кривые находят применение при расчетах в аэродинамике [10]. Однако существенным отличием является то, что эти ветви (уходящие в бесконечность) как правило, не рассматриваются.

Значения максимумов левых ветвей гипоциклоид при  $0 \leq \mu \leq 1$ , определяемые кубическим уравнением «золотой» пропорции, показаны на рис. 6. Действительные корни кубического уравнения, определяющего значения максимумов, равны:

$$1; \frac{3}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{5} \approx 2,618034; \frac{3}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{5} \approx 0,381966.$$

Следовательно, уравнение может быть записано в следующем виде:

$$\mu(x) = (x - 1) \cdot [x - (1,5 + \sqrt{5}/2)] \cdot [x - (1,5 - \sqrt{5}/2)].$$

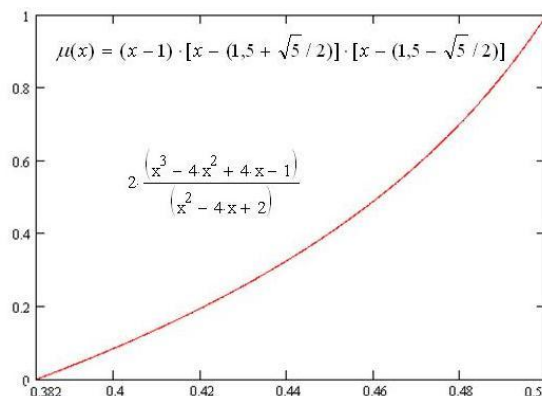


Рис. 6. Максимумы ветвей гипоциклоид в зависимости от  $\mu$  ( $0 \leq \mu \leq 1$ )

Для сравнения приведем результаты решения задачи по осадке тупого клина с простейшей кинематической схемой, и сопоставим их с известными результатами, полученными МНО и МЛС.

Уравнение для определения верхней оценки относительной удельной силы необходимой для осадки клина, согласно схеме процесса, показанной на рис. 7, имеет вид:

$$p = \frac{\tau_s}{h(b-a)\sin\alpha} \left[ (b^2 + h^2 - 2bh\cos\alpha) + \frac{b}{a}(a^2 + h^2 - 2ah\cos\alpha) \right]. \quad (7)$$

После дифференцирования (7) по углу  $\alpha$ , найдем, что минимум силы осадки определяется выражением:

$$p_{\min} = 4\tau_s \operatorname{tg}\alpha \cdot b/(b-a) = 4\tau_s \frac{\operatorname{tg}\alpha}{r}. \quad (8)$$

Минимальное значение силы осадки по уравнению (8) легко сопоставимо с результатом (4) предыдущей задачи. Причем геометрические соотношения клина полностью соответствуют условиям, показанным на рис. 4а и рис. 8.

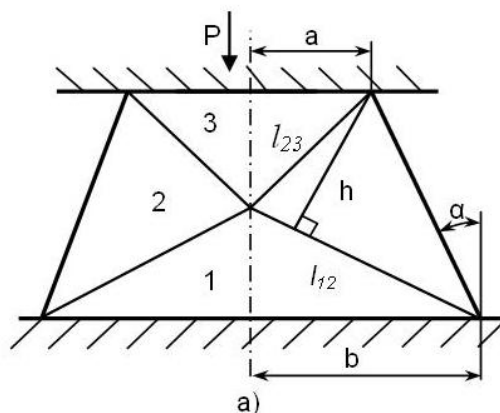


Рис. 7. Расчетная схема осадки клина



Рис. 8. Оптимальные соотношения клина: (а) - по МВО; (б) - по МНО

Для сравнения приведем результаты решения аналогичных задач, полученных МНО и МЛС из работ [1, 2, 5-7].

На рис. 9 представлена схема расчетная процесса деформации полосы в гладкой матрице по МЛС [1, 2]. В предельном случае угол  $\alpha$  и максимальное обжатие  $r$  связаны соотношением  $r = 2\sin\alpha / (1 + \sin\alpha)$ , а удельная сила

$$p = 2k(1 + \alpha)r. \quad (9)$$

Вычисленная МЛС [6] удельная сила осадки клина (при идентичных геометрических соотношениях)

$$p = 2k(1 + \alpha). \quad (10)$$

Нетрудно увидеть аналогию выражений (9) и (10) и их взаимную связь, сравнив их с результатами решений этих задач МНО. Соответственно для полосы [5] и клина [7]:

$$p = 2k(1 + \sin\alpha)r; \quad p = 2k(1 + \sin\alpha),$$

где  $r = (H-h)/H = (b-a)/b$ ,  $H$  – начальная толщина полосы,  $h$  – конечная толщина полосы.  $k$  – пластическая постоянная материала.

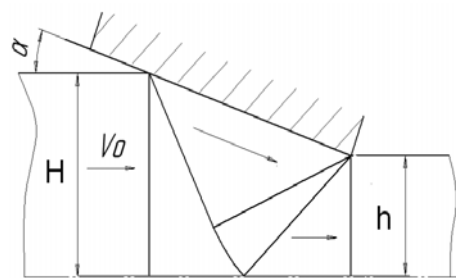


Рис. 9. Схема процесса по МЛС

Отметим, что оптимальные геометрические соотношения, определяемые решениями МНО, полностью соответствуют соотношениям, получаемыми при решении задач МВО (рис. 4а). Из этого следует, что результаты решений геометрически связаны с одной и той же кривой. При этом соотношение величин  $r$  замкнутого решения задачи МЛС и соответствующих предельных решений оценочными методами определяется среднегармонической величиной от  $H$  и  $h$ .

Геометрическая связь между результатами решения МВО и МЛС при одинаковых углах матрицы показана на рис. 10.

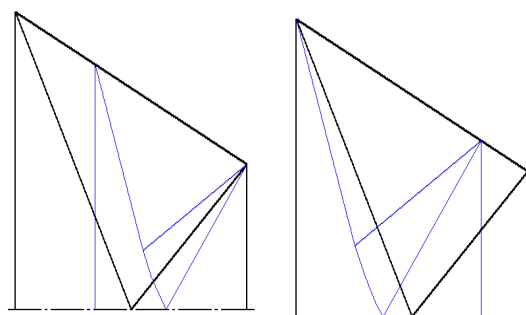


Рис. 10. Сопоставление геометрии гладкой матрицы и очага деформации по решениям МЛС и МВО

Используя это геометрическое соответствие, можно сделать построения, дополняющие известные решения МЛС задач о деформации полосы в гладкой матрице и осадке клина.

На рис. 11 показаны кривые, построенные по схемам, показанным на рис. 9, и отображающие геометрическую взаимосвязь между оптимальными соотношениями гладкой матрицы ( $\mu = 0$ ), определяемые решениями оценочными методами и методом линий скольжения в интервале изменения угла матрицы от 0 до  $\pi/2$ . Уравнения кривых, изображенных рис. 11а и 11б, в полярной системе координат получают взаимнообратными и имеют вид соответственно:

$$\rho_H = \frac{1 + \sin\alpha}{\cos\alpha + 2\sin\alpha}, \quad \rho_h = \frac{\cos\alpha + 2\sin\alpha}{1 + \sin\alpha}.$$



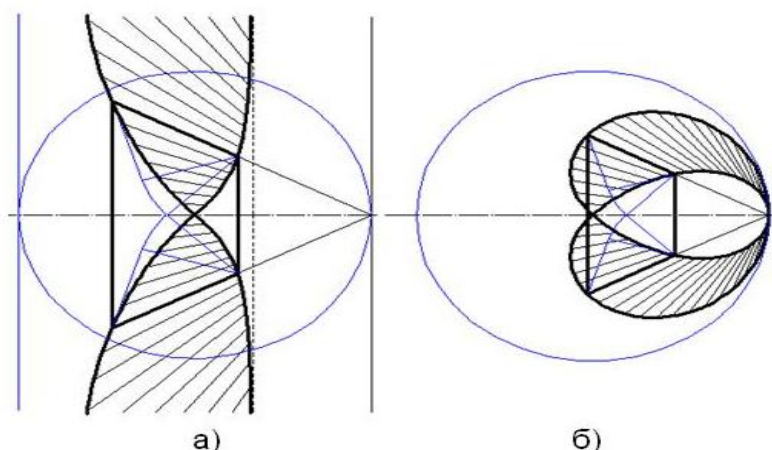


Рис. 11. Построение кривых замкнутого решения задачи МЛС и оптимизационного решения МВО (строфоида)

### Заключение

Проведенное графо-аналитическое сопоставление результатов предельных решений задач плоской деформации по осадке клина и деформировании полосы в клиновой матрице методами линий скольжения, верхней и нижней оценки показало, что оптимальные результаты связаны с «золотой» пропорцией и описываются семейством кривых третьего порядка.

### Библиографический список

1. Качанов Л. М. Основы теории пластичности. – М.: Наука, 1969. 420 с.
2. Соколовский В. В. Теория пластичности. – М.: Высшая школа, 1969. 608 с.
3. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. 712 с.
4. Колмогоров В. Л. Механика обработки давлением. – Екатеринбург: Изд-во Уральского государственного технического университета – УПИ, 2001. 836 с.
5. Джонсон У., Меллор П. Теория пластичности для инженеров. Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1979. 567 с.
6. Томленов А. Д. Теория пластического деформирования металлов. – М.: Metallurgy, 1972. 408 с.
7. Степанский Л. Г. Расчеты процессов обработки металлов давлением. – М.: Машиностроение, 1979 – 215 с.
8. Теория обработки металлов давлением: учебник для вузов / В. А. Голенков, С. П. Яковлев, С. А. Головин, С. С. Яковлев, В. Д. Кухарь; под ред. В. А. Голенкова, С. П. Яковлева. – М.: Машиностроение, 2009. – 442 с.

9. Ясинский С. А. Прикладная «золотая» математика и ее приложения в электросвязи. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. 239 с.

10. Седов Л. И. Механика сплошной среды. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. т.1, – 536 с.

11. Надаи, А. Пластичность. – М.: Гостехиздат, 1936. – 260 с.

12. Александров А. А. Графо-аналитическая модификация метода верхней оценки // Известия ТулГУ. Сер. «Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением». – Вып. 2. – Тула, ТулГУ. – 2004. – С.51-59.

### "GOLD" PROPORTION IN PROBLEMS OF PROCESSING OF METALS PRESSURE

A. A. Alexandrov

Results of limiting solutions of problems of flat deformation after a deposit of a wedge and strip deformation in a maple matrix are presented by methods of lines of sliding, the top and bottom assessment. The new grafo-analytical results supplementing known decisions are given. It is shown that the optimum results received by these methods, are described by family of curves of the third order and are connected with a "gold" proportion. *III. 11. Bibl. 12.*

*Александров Александр Александрович – канд. техн. наук, доцент Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное направление научных исследований – теоретические методы, имитационное и натурное моделирование процессов обработки металлов давлением. Имеет 90 опубликованных работ. e-mail: omsk-aaa@rambler.ru*

УДК 514.182

## СПОСОБ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ ЛИНИИ

Д. С. Корчагин

**Аннотация.** *Предлагается способ проектирования пространственной кривой линии для образования поверхности каркасно-кинематическим методом направляющей линии. Способ применим при задании поверхности дискретным набором ее образующих и основан на факторах, отражающих физико-динамическую природу образующих линий. В рассматриваемом способе исходная информация о направляющей линии получается в дискретном виде исходя из данных, внутренним образом связанных с каждой образующей, а именно, центра масс и связанного с ним эллипсоида инерции. Далее задача проектирования сводится к преобразованию дискретной информации в непрерывную с использованием методов интерполяции. Предлагаемый способ проектирования направляющей линии проиллюстрирован на примере.*

**Ключевые слова:** *центр масс, центральный эллипсоид инерции, трехгранник Френе, направляющая линия.*

### Введение

В работе [1] предложен метод восстановления поверхности по набору замкнутых кривых, именуемых «обводками», основанный на установлении соответствия между всеми точками смежных обводок и проведении сплайнов между всеми наборами таких точек. Возможности его использования ограничены замкнутыми кривыми и осложняются решением задачи вычисления набора соответствующих точек, так как при неправильном выборе начального набора соответствующих точек могут возникать ошибки, приводящие к перекручиванию образующих.

В практике проектирования и расчета сложных технических форм находит применение каркасно-кинематический метод направляющей линии [2]. В данном методе реализуется движение образующей в пространстве по такому закону, когда образующая проходит через конечное число наперед заданных произвольно ориентированных линий произвольной формы, причем каждая образующая искомого непрерывного каркаса рассматривается в собственной локальной системе координат, присоединенной к направляющей линии. Указанная направляющая линия в свою очередь рассчитывается таким образом, чтобы каждая из  $n$  образующих исходного дискретного каркаса оказалась заданной в локальных системах координат, представляющих собой  $n$  соответствующих трехгранников Френе этой линии.

При проектировании поверхности заданной лишь дискретным каркасом образующих, возникает проблема как при использовании метода «обводок», если кривые не замкнутые,

так и при использовании каркасно-кинематического метода, поскольку отсутствует исходная информация о направляющей линии. Ниже предлагается способ получения исходной информации о направляющей линии, направленный на решение проблемы использования каркасно-кинематического метода.

Подчеркнем, что формообразование направляющей линии является первым этапом и неотъемлемым условием реализации процесса проектирования поверхности каркасно-кинематическим методом, а уже вторым этапом является заполнение поверхности непрерывным каркасом образующих, определяемых направляющей линией.

Предлагаемый в настоящей статье способ динамического проектирования направляющей линии, основан в первую очередь на определении исходной информации о линии в дискретном виде, исходя из физико-динамических данных образующих - центра масс и центрального эллипсоида инерции. Центры масс и центральные эллипсоиды инерции принимаются в качестве баз для определения локальных систем координат, связанных с соответствующими образующими. Далее дискретная информация, состоящая из координат узловых точек (начал локальных систем координат), направления (орты трехгранников Френе) и величины векторов касательных (полуоси эллипсоидов инерции) в узловых точках и др. преобразуется в непрерывную с использованием методов сплайн-интерполяции. Выбор вида сплайна зависит от требований, предъявляемых к проектируемой поверхности.



**Способ динамического проектирования направляющей линии**

Рассмотрим алгоритм, лежащий в основе динамического способа проектирования направляющей линии, для одной образующей, учитывая то, что этот алгоритм повторяется для каждой из заданных образующих линий. В общем случае образующие могут представлять собой пространственные (замкнутые или не замкнутые) кривые линии, заданные в расчетной или базовой декартовой системе координат  $Oxyz$  уравнениями (например, в параметрическом виде  $x=x(t)$ ,  $y=y(t)$ ,  $z=z(t)$ ,  $t_{min} \leq t \leq t_{max}$ ), либо дискретными наборами точек, и ориентированные любым образом относительно этой системы.

В нашем случае будем принимать плотность каждой линии величиной постоянной, откуда следует, что центр масс линии будет представлять точку, положение которой характеризует распределение точек кривой по ее длине. Характерно, что центр масс представляет собой геометрическую точку, неизменную относительно кривой. Тогда координаты центра масс  $O'$  образующей определяются известными выражениями [3]:

$$\bar{x} = \frac{1}{L} \int x dL = \frac{1}{L} \int x \sqrt{(dx/dt)^2 + (dy/dt)^2 + (dz/dt)^2} dt;$$

$$\bar{y} = \frac{1}{L} \int y dL = \frac{1}{L} \int y \sqrt{(dx/dt)^2 + (dy/dt)^2 + (dz/dt)^2} dt; \quad (1)$$

$$\bar{z} = \frac{1}{L} \int z dL = \frac{1}{L} \int z \sqrt{(dx/dt)^2 + (dy/dt)^2 + (dz/dt)^2} dt,$$

где  $L = \int_{t_{min}}^{t_{max}} \sqrt{(dx/dt)^2 + (dy/dt)^2 + (dz/dt)^2} dt$  - длина образующей.

Следующим шагом после определения центра масс образующей будет переход от базовой системы координат к локальной системе, совмещенной с центром масс образующей. Этот переход осуществляется путем параллельного переноса осей координат систем  $Oxyz$  из точки  $O$  в точку  $O'$  (центр масс образующей). В результате переноса получим уравнения  $x'=x'(t)$ ,  $y'=y'(t)$ ,  $z'=z'(t)$ , определяющие сечение в системе  $O'x'y'z'$ .

Далее обратимся к эллипсоиду инерции и воспользуемся известной в динамике теоремой [3]: если через какую-нибудь точку будем проводить прямые  $L$  и, определив относительно каждой из них момент инерции  $K$  данного тела, будем откладывать на этих прямых  $L$  от взятой точки векторы, выражаемые числом  $1/\sqrt{K}$ , то концы этих векторов будут ле-

жать на поверхности эллипсоида, имеющего центром упомянутую точку. Эллипсоид инерции для центра масс называется центральным эллипсоидом инерции. Значит, эта поверхность второго порядка будет характеризовать распределение моментов инерции образующей линии относительно различных осей, проходящих через центр масс линии. Оси эллипсоида инерции (его сопряженные диаметры) называются главными осями инерции и эти оси взаимно перпендикулярны. Последнее обстоятельство положим в основу определения расположения трехгранников для проектируемой направляющей линии в базовой системе координат.

Для получения уравнения эллипсоида инерции линии в общем виде

$$J_x x'^2 + J_y y'^2 + J_z z'^2 - 2J_{x'y'} x'y' - 2J_{x'z'} x'z' - 2J_{y'z'} y'z' = 1. \quad (2)$$

необходимо определить компоненты тензора инерции [4] или матрицы, которая является матрицей квадратичной формы уравнения поверхности второго порядка

$$J = \begin{pmatrix} J_x & -J_{x'y'} & -J_{x'z'} \\ -J_{y'x'} & J_y & -J_{y'z'} \\ -J_{z'x'} & -J_{z'y'} & J_z \end{pmatrix}. \quad (3)$$

составленной из осевых  $J_x$ ,  $J_y$ ,  $J_z$  и центробежных моментов инерции  $J_{x'y'}$ ,  $J_{x'z'}$ ,  $J_{y'z'}$  относительно декартовых осей координат  $O'x'y'z'$ , помещенных в центре масс линии. Расчет моментов инерции в нашем случае будет характеризовать распределение точек образующей линии по ее длине при рассмотрении вращательных движений. При этом осевые моменты инерции  $J_x$ ,  $J_y$ ,  $J_z$  будут определяться выражениями [4]:

$$J_x = \int (y'^2 + z'^2) \sqrt{(dx'/dt)^2 + (dy'/dt)^2 + (dz'/dt)^2} dt;$$

$$J_y = \int (z'^2 + x'^2) \sqrt{(dx'/dt)^2 + (dy'/dt)^2 + (dz'/dt)^2} dt; \quad (4)$$

$$J_z = \int (x'^2 + y'^2) \sqrt{(dx'/dt)^2 + (dy'/dt)^2 + (dz'/dt)^2} dt,$$

а центробежные моменты инерции будут определяться выражениями [4]:

$$J_{x'y'} = \int (x' \cdot y') \sqrt{(dx'/dt)^2 + (dy'/dt)^2 + (dz'/dt)^2} dt;$$

$$J_{y'z'} = \int (y' \cdot z') \sqrt{(dx'/dt)^2 + (dy'/dt)^2 + (dz'/dt)^2} dt; \quad (5)$$

$$J_{x'z'} = \int (x' \cdot z') \sqrt{(dx'/dt)^2 + (dy'/dt)^2 + (dz'/dt)^2} dt.$$

С целью извлечения геометрической информации о величине и направлении полу-

осей эллипсоида инерции осуществим переход от уравнения эллипсоида в общем виде к каноническому уравнению. Вычисление параметров канонического уравнения эллипсоида удобно произвести, воспользовавшись инвариантами  $I_1, I_2, I_3, I_4$  [5], являющимися функциями от коэффициентов многочлена (2).

Определив  $I_1, I_2, I_3, I_4$ , и решив характеристическое уравнение:

$$\lambda^3 - I_1 \cdot \lambda^2 + I_2 \cdot \lambda - I_3 = 0, \quad (6)$$

получим коэффициенты  $|\lambda_1| \leq |\lambda_2| \leq |\lambda_3|$ , с помощью которых вычислим полуоси эллипсоида:

$$a = \sqrt{-\frac{I_4}{\lambda_1 \cdot I_3}}, \quad b = \sqrt{-\frac{I_4}{\lambda_2 \cdot I_3}}, \quad c = \sqrt{-\frac{I_4}{\lambda_3 \cdot I_3}}. \quad (7)$$

Таким образом, получаем каноническое уравнение центрального эллипсоида инерции в канонической системе координат  $O'x''y''z''$ :

$$\frac{x''^2}{a^2} + \frac{y''^2}{b^2} + \frac{z''^2}{c^2} = 1.$$

Для расчета направляющей линии примем оси центрального эллипсоида инерции в качестве осей трехгранника Френе таким образом, чтобы единичный вектор касательной  $\vec{\tau}$  совпал с наименьшей из осей  $a$  и был обращен в сторону следующего сечения, единичный вектор нормали  $\vec{\nu}$  был направлен вдоль оси  $c$ , а единичный вектор бинормали  $\vec{\beta}$  - вдоль оси  $b$ . При этом орты  $\vec{\tau}, \vec{\nu}, \vec{\beta}$  должны представлять собой правую тройку.

Направления осей трехгранника Френе относительно базовой системы координат вычисляются на основе характеристического уравнения матрицы (3) в последовательности, приведенной в [6].

Посредством приведенного алгоритма с помощью центрального эллипсоида инерции для отдельно взятой образующей получается присущая только ей система координат (трехгранник Френе) в центре масс кривой. Имея  $n$  образующих можно провести через их центры тяжести интерполирующую линию, содержащую связанные с ними трехгранники Френе, тем самым получив направляющую линию для реализации каркасно-кинематического метода направляющей линии.

#### Пример

Рассмотрим в качестве примера применения динамического способа проектирования

направляющей линии построение пространственной кривой линии по трем образующим, представляющим собой незамкнутые пространственные кривые линии, заданные дискретными наборами точек.

Пусть образующие заданы в базовой системе координат  $Oxyz$  точками:

- первая образующая:  $1_1(4, 2, 2), 1_2(5, 3, 7), 1_3(3, 5, 11), 1_4(1, 12, 12)$ ;

- вторая образующая:  $2_1(13, 6, 3), 2_2(14, 5, 7), 2_3(15, 8, 11), 2_4(13, 13, 13)$ ;

- третья образующая:  $3_1(26, 3, 4), 3_2(25, 5, 10), 3_3(23, 8, 13), 3_4(22, 14, 14)$ .

Перейдем от дискретной информации об образующих к непрерывной с помощью интерполяции кубическими сплайнами со слабыми граничными условиями [7]. В этом случае каждая образующая будет представлена кусочно-многочленными функциями с однородной структурой:

$P_1^1 = (-0,88t^3 + 1,88t + 4; 0,15t^3 + 0,85t + 2; -0,01t^3 + 5,01t + 2)$  – первый сегмент первой образующей между точками  $1_1$  и  $1_2$ ,

$P_2^1 = (1,07t^3 - 2,35t^2 - 0,72t + 5; 0,37t^3 + 0,4t^2 + 1,23t + 3; -0,65t^3 - 0,04t^2 + 4,69t + 7)$  – второй сегмент первой образующей между точками  $1_2$  и  $1_3$ ,

$P_3^1 = (-0,65t^3 + 1,96t^2 - 3,31t + 3; 1,14t^3 + 3,42t^2 + 4,72t + 5; 1,5t^3 - 4,49t^2 + 3,99t + 11)$  – третий сегмент первой образующей между точками  $1_3$  и  $1_4$ ,

$P_1^2 = (0,09t^3 + 0,91t + 13; 0,78t^3 - 1,78t + 6; -0,06t^3 + 4,06t + 3)$  – первый сегмент второй образующей между точками  $2_1$  и  $2_2$ ,

$P_2^2 = (-0,81t^3 + 0,39t^2 + 1,42t + 14; -1,05t^3 + 3,38t^2 - 0,67t + 5; -0,42t^3 - 0,25t^2 + 4,67t + 7)$  – второй сегмент второй образующей между точками  $2_2$  и  $2_3$ ,

$P_3^2 = (0,87t^3 - 2,6t^2 - 0,27t + 15; -0,09t^3 - 0,28t^2 + 4,81t + 8; 0,64t^3 - 1,92t^2 + 3,28t + 11)$  – третий сегмент второй образующей между точками  $2_3$  и  $2_4$ ,

$P_1^3 = (-0,63t^3 - 0,37t + 26; 0,49t^3 + 1,51t + 3; -0,38t^3 + 6,38t + 4)$  – первый сегмент третьей образующей между точками  $3_1$  и  $3_2$ ,

$P_2^3 = (0,68t^3 - 1,02t^2 - 1,66t + 25; 0,02t^3 + 0,8t^2 + 2,19t + 5; -0,24t^3 - 0,61t^2 + 3,84t + 10)$  – второй сегмент третьей образующей между точками  $3_2$  и  $3_3$ ,

$P_3^3 = (-0,59t^3 + 1,77t^2 - 2,18t + 23; -0,49t^3 + 1,46t^2 + 5,03t + 8; 0,76t^3 - 2,28t^2 + 2,52t + 13)$  – третий сегмент третьей образующей между точками  $3_3$  и  $3_4$ , где  $0 \leq t \leq 1$ . Результат интерполяции исходных данных представлен на рисунке 1.

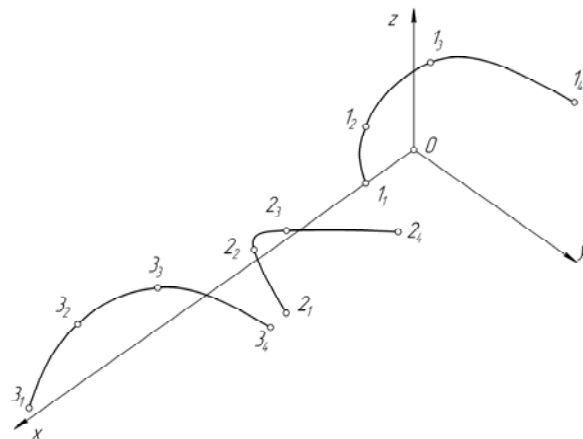


Рис. 1. Результат кубической интерполяции образующих, заданных дискретными наборами точек

На основании выражений (1) определяем координаты центров масс отдельных сегментов образующих, после чего рассчитываем координаты центров масс каждой образующей  $O'_k(\bar{x}_k, \bar{y}_k, \bar{z}_k)$ , где  $1 \leq k \leq 3$  по следующим зависимостям

$$\bar{x}_k = \frac{1}{L_k} \sum_{n=1}^3 \bar{x}_{kn} \cdot L_{kn}, \quad \bar{y}_k = \frac{1}{L_k} \sum_{n=1}^3 \bar{y}_{kn} \cdot L_{kn},$$

$$\bar{z}_k = \frac{1}{L_k} \sum_{n=1}^3 \bar{z}_{kn} \cdot L_{kn},$$

где  $n$  – количество сегментов образующей линии,

$L_k$  – длина  $k$ -ой образующей.

В результате получаем точки  $O'_1(3,32, 5,34, 8,93)$ ,  $O'_2(14,15, 7,59, 9,13)$ ,  $O'_3(24,02, 7,07, 10,69)$ , изображенные на рисунке 2.

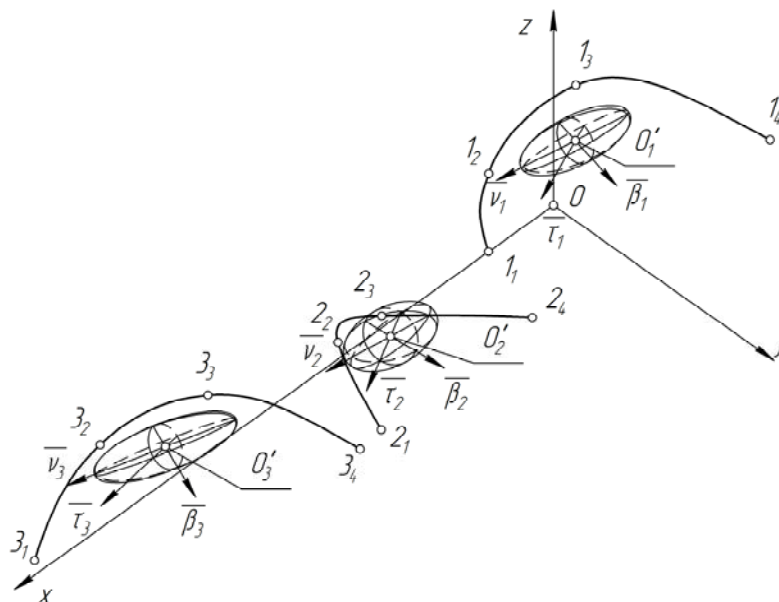


Рис. 2. Расчетные центры масс с эллипсоидами инерции и трехгранниками Френе в них

Переход от базовой системы координат к системам координат, совмещенным с соот-

ветствующими центрами масс, осуществим с помощью матрицы перехода в общем виде

$$T_k = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -\bar{x}_k \\ 0 & 1 & 0 & -\bar{y}_k \\ 0 & 0 & 1 & -\bar{z}_k \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

в результате получим уравнения сегментов в новых координатах:

$P_1^1 = (-0,88t^3 + 1,88t + 0,68; 0,15t^3 + 0,85t - 3,34; -0,01t^3 + 5,01t - 6,93)$  – первый сегмент первой образующей между точками  $1_1$  и  $1_2$ ,

$P_2^1 = (1,07t^3 - 2,35t^2 - 0,72t + 1,68; 0,37t^3 + 0,4t^2 + 1,23t - 2,34; -0,65t^3 - 0,04t^2 + 4,69t - 1,93)$  – второй сегмент первой образующей между точками  $1_2$  и  $1_3$ ,

$P_3^1 = (-0,65t^3 + 1,96t^2 - 3,31t - 0,32; 1,14t^3 + 3,42t^2 + 4,72t - 0,34; 1,5t^3 - 4,49t^2 + 3,99t + 2,07)$  – третий сегмент первой образующей между точками  $1_3$  и  $1_4$ ,

$P_1^2 = (0,09t^3 + 0,91t - 1,15; 0,78t^3 - 1,78t - 1,59; -0,06t^3 + 4,06t - 6,13)$  – первый сегмент второй образующей между точками  $2_1$  и  $2_2$ ,

$P_2^2 = (-0,81t^3 + 0,39t^2 + 1,42t - 0,15; -1,05t^3 + 3,38t^2 - 0,67t - 2,59; -0,42t^3 - 0,25t^2 + 4,67t - 2,13)$  – второй сегмент второй образующей между точками  $2_2$  и  $2_3$ ,

$P_3^2 = (0,87t^3 - 2,6t^2 - 0,27t + 0,85; -0,09t^3 - 0,28t^2 + 4,81t + 0,41; 0,64t^3 - 1,92t^2 + 3,28t - 6,69)$  – третий сегмент второй образующей между точками  $2_3$  и  $2_4$ ,

$P_1^3 = (-0,63t^3 - 0,37t + 1,98; 0,49t^3 + 1,51t - 4,07; -0,38t^3 + 6,38t + 4)$  – первый сегмент третьей образующей между точками  $3_1$  и  $3_2$ ,

$P_2^3 = (0,68t^3 - 1,02t^2 - 1,66t + 0,98; 0,02t^3 + 0,8t^2 + 2,19t - 2,07; -0,24t^3 - 0,61t^2 + 3,84t - 0,69)$  – второй сегмент третьей образующей между точками  $3_2$  и  $3_3$ ,

$P_3^3 = (-0,59t^3 + 1,77t^2 - 2,18t - 1,02; -0,49t^3 + 1,46t^2 + 5,03t + 0,93; 0,76t^3 - 2,28t^2 + 2,52t - 2,31)$  – третий сегмент третьей образующей между точками  $3_3$  и  $3_4$ , где  $0 \leq t \leq 1$ .

Далее по выражениям (4) и (5) рассчитываем осевые и центробежные моменты инерции для отдельных сегментов каждой образующей, а затем суммируем соответствующие моменты инерции для соответствующих образующих. В результате расчетов получим уравнения эллипсоидов инерции в общем виде (2):

$3,47x^2 + 2,25y^2 + 1,93z^2 + 1,43xy - 2,84yz + 1,36zx = 1$  – для первой образующей,

$2,41x^2 + 1,49y^2 + 1,05z^2 + 0,001xy - 2,01yz - 0,23zx = 1$  – для второй образующей,

$3,55x^2 + 2,06y^2 + 2,24z^2 + 1,61xy - 3,13yz - 1,51zx = 1$  – для третьей образующей. Данные эллипсоиды инерции изображены на рисунке 2.

Запишем инварианты найденных уравнений эллипсоидов. Для первого эллипсоида имеем:

$$I_1 = 3,47 + 2,25 + 1,93 = 7,65,$$

$$I_2 = \begin{vmatrix} 3,47 & -1,43 \\ -1,43 & 2,25 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 3,47 & -1,36 \\ -1,36 & 1,93 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 2,25 & 2,84 \\ 2,84 & 1,93 \end{vmatrix} = 15,85,$$

$$I_3 = \begin{vmatrix} 3,47 & -1,43 & -1,36 \\ -1,43 & 2,25 & 2,84 \\ -1,36 & 2,84 & 1,93 \end{vmatrix} = 4,67,$$

$$I_4 = \begin{vmatrix} 3,47 & -1,43 & -1,36 & 0 \\ -1,43 & 2,25 & 2,84 & 0 \\ -1,36 & 2,84 & 1,93 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = -4,67.$$

Аналогично для второго эллипсоида имеем:  $I_1 = 4,95$ ,  $I_2 = 6,66$ ,  $I_3 = 1,31$ ,  $I_4 = -1,31$ . Инварианты третьего эллипсоида:  $I_1 = 7,85$ ,  $I_2 = 16,21$ ,  $I_3 = 3,15$ ,  $I_4 = -3,15$ .

Далее решив для каждого эллипсоида характеристические уравнения (6), на основании (7) получаем канонические уравнения:

$$\frac{x_1''^2}{1,69^2} + \frac{y_1''^2}{0,53^2} + \frac{z_1''^2}{0,51^2} = 1 \text{ - для первого эллипсоида инерции,}$$

липсоида инерции,

$$\frac{x_1''^2}{2,06^2} + \frac{y_1''^2}{0,67^2} + \frac{z_1''^2}{0,64^2} = 1 \text{ - для второго эллипсоида инерции,}$$

липсоида инерции,

$$\frac{x_1''^2}{2,15^2} + \frac{y_1''^2}{0,52^2} + \frac{z_1''^2}{0,51^2} = 1 \text{ - для третьего эллипсоида инерции.}$$

Принимаем направления осей эллипсоидов инерции в качестве направлений ортов трехгранников Френе проектируемой направляющей, как показано на рисунке 2.

Через общие и канонические уравнения эллипсоидов по методике, приведенной в [6], вычисляем компоненты векторов касательных в центрах масс образующих для направляющей линии, принимая длины касательных равными соответствующим полуосям эллипсоидов:

$T_1(0,47, 0,2, 0,02)$  – компоненты касательного вектора в точке  $O'_1$ ,

$T_2(0,56, 0,22, -0,21)$  – компоненты касательного вектора в точке  $O'_2$ ,

$T_3(0,48, 0,12, 0,1)$  – компоненты касательного вектора в точке  $O'_3$ ,

Определив координаты центров масс, а также величину и направление касательных векторов для проектируемой направляющей линии с помощью кубической интерполяции [7] перейдем от дискретной информации к непрерывной. В нашем случае направляющая

линия, представленная на рисунке 3, получается в виде двух сегментов кубического сплайна:

$$P_1 = (-10,26t^3 + 15,87t^2 + 5,22t + 3,32; \quad 0,14t^3 - 0,12t^2 + 2,22t - 5,34; \quad -2,54t^3 + 2,53t^2 + 0,21t + 8,93), \quad 0 \leq t \leq 1,$$

$$P_2 = (-9,35t^3 + 13,63t^2 + 5,59t + 14,15; \quad 4,43t^3 - 7,13t^2 + 2,19t + 7,59; \quad -4,21t^3 + 7,87t^2 - 2,12t + 9,13), \quad 0 \leq t \leq 1.$$

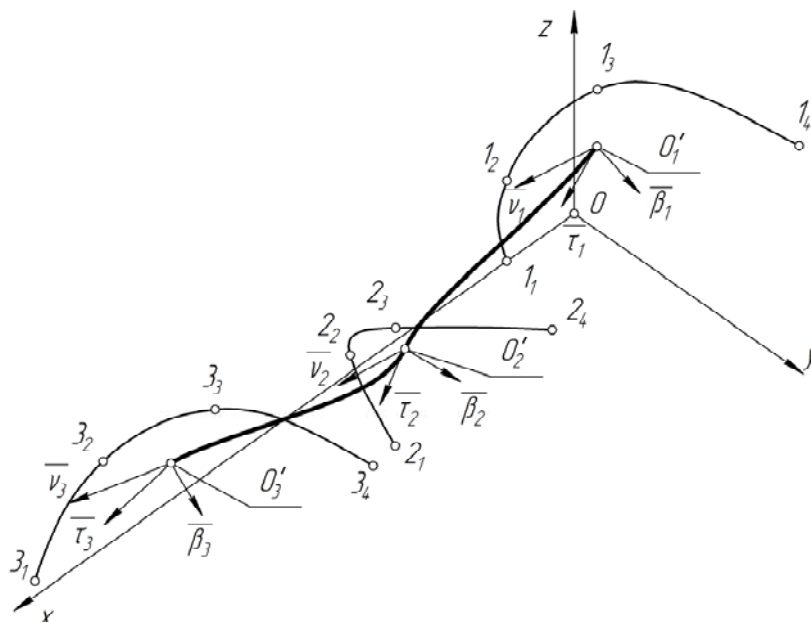


Рис. 3. Направляющая линия

### Заключение

Таким образом, рассмотренный способ в полной мере соответствует требованиям, заложенным в определении направляющей линии. Это следует из того, что каждая из образующих связывается с собственной локальной системой координат, являющейся одновременно трехгранником Френе направляющей линии.

Предложенный способ проектирования направляющей линии кинематической поверхности, основанный на определении центра масс заданных образующих и расчете их центральных эллипсоидов инерции, определяющих направлением своих главных осей ориентацию трехгранников Френе, может быть использован в качестве самостоятельного метода для геометрического моделирования пространственных кривых линий.

### Библиографический список

1. Восстановление поверхности трехмерного объекта по обводкам его сечений [Текст] / Б. А. Залесский, П. В. Лукашевич // Информатика. – Минск, 2006. – №9. – С. 27-35.
2. Осипов, В. А. Машинные методы проектирования непрерывно-каркасных поверхностей [Текст] / В.А. Осипов. – М., Машиностроение, 1979. – 248 с.

3. Жуковский, Н. Е. Теоретическая механика [Текст] / Н. Е. Жуковский. – Изд. 2-е. – М.:Л., Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1952. – 812 с.
4. Добронравов, В. В. Курс теоретической механики [Текст]: Учебник для машиностроит. спец. вузов / В.В. Добронравов, Н. Н. Никитин; 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1983. – 575 с.: ил.
5. Делоне, Б. Н. Аналитическая геометрия [Текст]: в 2 т. / Б. Н. Делоне, Д. А. Райков. – М.: Л., Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949. – 2 т.; – 518 с.б. Киселёв, В. Ю. Высшая математика. Первый семестр [Электронный ресурс]: Интерактивный компьютерный учебник / В. Ю. Киселёв, А. С. Пяртли, Т. Ф. Калугина. – Иваново: Иван. гос. энерг. ун-т., 2002.
7. Роджерс, Д. Математические основы машинной графики [Текст] / Д. Роджерс, Дж. Адамс; пер. с англ./ П. А. Монахов, Г. В. Олохтонова, Д. В. Волков. – М., Мир, 2001. – 604 с.

### THE METHOD OF DYNAMIC DESIGNING OF A DIRECTING LINE

D. S. Korchagin

Is offered the method of designing of a spatial curve for surface formation by a frame-kinematic method of a directing line. The method is applicable when you specify the surface by a discrete set of generators and is based on factors that reflect the physical-dynamic nature of the set of generator lines. In this method the initial information about the directing line is obtained in discrete form based of the data internally related to each generator, namely, the center of mass and connected with it ellipsoid of inertia. Further, the task of design is reduced to transformation of the discrete information in continuous, using

interpolation methods. The offered method of designing of a directing line is illustrated on an example.

*Корчагин Денис Сергеевич - аспирант кафедры "Инженерная геометрия и САПР" ОмГТУ, ведущий инженер-конструктор ОАО ОНИИП. Основное направление научных исследований - реконструкция линий и каркасных поверхностей по их ортогональным проекциям. Общее количество публикаций 4. E-mail: korch-den@yandex.ru*

УДК 004.9:621.9.07:621.833

## ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОФИЛИРОВАНИЯ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ТОЧЕЧНЫМ КАСАНИЕМ

А. А. Ляшков, А. В. Зыкина

**Аннотация.** Рассмотрено профилирование сопряженных винтовых поверхностей с точечным контактом в двух вариантах. Для первого варианта получены аналитические зависимости, использующие дифференциальные параметры сопряженных поверхностей. Во втором варианте используется бездифференциальное решение. Оба варианта основаны на установленных закономерностях в расположении точек сечений вспомогательных поверхностей относительно координатных плоскостей. На отдельных этапах предложено использовать полигональные и твердотельные модели для выявления возможных особенностей на профилях сопряженных поверхностей.

**Ключевые слова:** профилирование, моделирование, винтовая поверхность, червячная фреза.

### Введение

Профилирование сопряженных винтовых поверхностей с точечным касанием представляет собой один из основных этапов конструирования червячных фрез для обработки винтовых поверхностей деталей. При решении такой задачи используется принцип Гохмана - Оливье [1], теория двухпараметрического огибания [2], [3] и её модификации, например, [4] или свойства нормали к сопряженным поверхностям в точках их касания [5]. Обзор методов решения поставленной задачи приведен в работе [6]. В основу предлагаемого решения положен принцип жесткой конгруэнтной пары и используются результаты работ [7], [8], [9].

**Профилирование цилиндрической поверхности, сопряженной с заданной винтовой поверхностью**

Пусть исходная винтовая поверхность детали  $\Sigma_1$  задана в системе координат  $S_1(O_1, x_1, y_1, z_1)$  уравнениями вида

$$\begin{aligned}x_1 &= f_1(u, v), \\y_1 &= f_2(u, v), \\z_1 &= f_3(u, v),\end{aligned}\tag{1}$$

где  $u$  и  $v$  – криволинейные координаты точки на поверхности.

Свяжем со вспомогательной цилиндрической поверхностью рейки  $\Sigma$  систему координат  $S(O, x, y, z)$ , а с искомой поверхностью червячной фрезы  $\Sigma_2 - S_2(O_2, x_2, y_2, z_2)$ . Взаимное расположение систем координат приведено на рисунке 1, где  $R_1$  и  $R_2$  – радиусы начальных цилиндров детали и инструмента. Предполагается, что оси исходной и искомой поверхностей совпадают с координатными осями  $O_1z_1$

и  $O_2z_2$ , соответственно. Углы  $\alpha$  и  $\beta$ , а также радиусы  $R_1$  и  $R_2$  задаются такими, что выпол-

няются условия сопряжения винтовой поверхности и поверхности рейки [2].

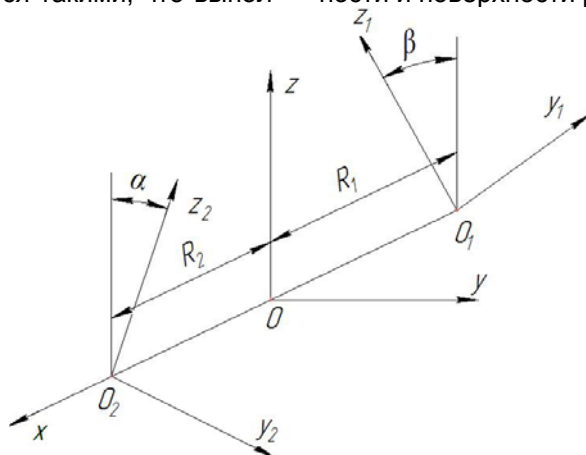


Рис. 1. Системы координат, связанные с деталью, инструментальной рейкой и фрезой

Для определения цилиндрической поверхности рейки, сопряженной с исходной винтовой поверхностью, сообщим последней поступательное перемещение вдоль оси  $Oz$ . Тогда формулы преобразования координат, определяющие относительное движение поверхности  $\Sigma_1$  в системе  $S$ , получим в виде

$$\begin{aligned} x &= x_1 - R_1, \\ y &= y_1 \cdot \cos \beta - z_1 \cdot \sin \beta, \\ z &= y_1 \cdot \sin \beta + z_1 \cdot \cos \beta + \varphi, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\varphi$  – параметр поступательного перемещения.

Зависимости (2) совместно с уравнениями (1) определяют однопараметрическое множество поверхностей, огибающая которых представляет собой цилиндрическую поверхность инструментальной рейки. Основываясь на результатах работ [7], [8], [9] возможны два варианта решения поставленной задачи: 1) для получения искомого огибающего выполняется вывод необходимых аналитических зависимостей, использующих дифференциальные параметры исходной поверхности; 2) предлагается алгоритм расчета искомого профилей сопряженных поверхностей без использования их дифференциальных параметров.

Для реализации решения задачи по первому варианту добавим к уравнениям (2) уравнение  $t=\varphi$ . Тогда полученная система уравнений будет задавать некоторую гиперповерхность в четырехмерном пространстве. Дискриминанта этой гиперповерхности, получаемая ортогональным проецированием ее контура на координатную гиперплоскость, совпадает с огибающей рассматриваемого семейства поверхностей [9]. В точках контура

гиперповерхности касательные к ней гиперплоскости параллельны оси  $t$ . Это условие записывается в виде

$$\begin{vmatrix} x_u & y_u & z_u \\ x_v & y_v & z_v \\ x_\varphi & y_\varphi & z_\varphi \end{vmatrix} = 0.$$

Так как  $x_\varphi=0$ ,  $y_\varphi=0$ , а  $z_\varphi=1$ , то последнее равенство преобразуется к виду

$$\begin{vmatrix} x_u & y_u \\ x_v & y_v \end{vmatrix} = 0.$$

После подстановки соответствующих выражений для частных производных, получим  $-f_{1u}(u, v) \cdot f_{2v}(u, v) + f_{1v}(u, v) \cdot f_{2u}(u, v) = \text{tg} \beta \cdot [f_{1v}(u, v) \cdot f_{3u}(u, v) - f_{1u}(u, v) \cdot f_{3v}(u, v)]$ . (3)

Пусть исходная винтовая поверхность задана уравнениями

$$\begin{aligned} x_1 &= \bar{f}_1(u) \cdot \cos v - \bar{f}_2(u) \cdot \sin v, \\ y_1 &= \bar{f}_1(u) \cdot \sin v + \bar{f}_2(u) \cdot \cos v, \\ z_1 &= p_1 \cdot v, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $p_1$  – параметр цилиндрической винтовой поверхности, образованной винтовым движением плоской кривой  $x_1 = \bar{f}_1(u)$ ,  $y_1 = \bar{f}_2(u)$ .

Тогда уравнение (3) преобразуется к виду

$$\begin{aligned} \bar{f}_1(u) \cdot \bar{f}_{1u}(u) + \bar{f}_2(u) \cdot \bar{f}_{2u}(u) + \\ + p_1 \cdot \text{tg} \beta \cdot [\bar{f}_{2u}(u) \cdot \sin v - \bar{f}_{1u}(u) \cdot \cos v] = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

или в компактной форме

$$F(u, v) = 0 \quad (6)$$

Уравнение (5) устанавливает связь параметров  $u$  и  $v$  и оно может быть представлено в явном виде:

$$v = 2 \cdot \arctg \frac{a \pm \sqrt{a^2 + b^2 - c^2}}{b + c}, \quad (7)$$

$$\text{где } a = p_1 \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \bar{f}_{2u}(u),$$

$$b = -p_1 \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \bar{f}_{1u}(u),$$

$$c = \bar{f}_1(u) \cdot \bar{f}_{1u}(u) + \bar{f}_{2u}(u) \cdot \bar{f}_{2u}(u).$$

Уравнение (7) совместно с системами уравнений (2) и (4) определяют цилиндрическую поверхность рейки, сопряженную с заданной винтовой поверхностью детали. Для задания цилиндрической поверхности достаточно получить её торцовое сечение и направление прямолинейных образующих. В рассматриваемом случае образующие поверхности параллельны координатной оси  $Oz$ , а её профиль с учетом приведенных уравнений будет

$$\begin{aligned} x &= [\bar{f}_1(u) \cdot \cos v - \bar{f}_2(u) \cdot \sin v] - R_1, \\ y &= [\bar{f}_1(u) \cdot \sin v + \bar{f}_2(u) \cdot \cos v] \cdot \cos \beta - p_1 \cdot v \cdot \sin \beta, \\ F(u, v) &= 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Полученные уравнения являются аналитическим решением задачи профилирования цилиндрической поверхности, сопряженной с заданной винтовой поверхностью. Определенные сложности в этом случае возникают в связи с тем, что в уравнении связи параметров (5) одному значению параметра  $u$  соответствуют два значения параметра  $v$ . В этом случае для одного из значений  $v$  обеспечивается геометрическое касание поверхностей, не имеющее места для реальных тел. Так, на рисунке 2, в качестве примера, показаны две огибающие, образованные одной боковой кромкой плоского контура, но только одна из них является кромкой сопряженного профиля. Для выделения необходимых значений этих параметров целесообразно использовать обеспечивающее наглядность компьютерное моделирование формообразования [8]. На рисунке 3 показан результат компьютерного моделирования формообразования инструментальной рейки по заданной модели детали с винтовой канавкой. Там же показана и полигональная модель искомой цилиндрической поверхности.

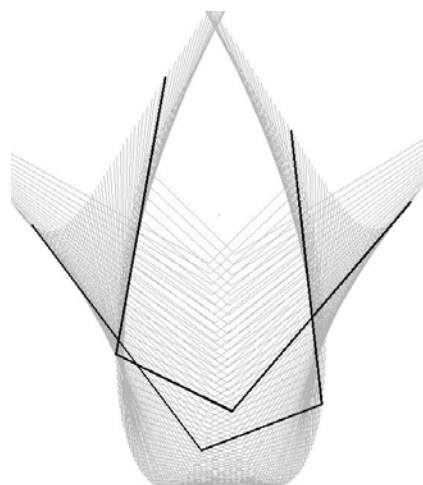


Рис. 2. Модели огибающих и переходных кривых, образованных плоским контуром

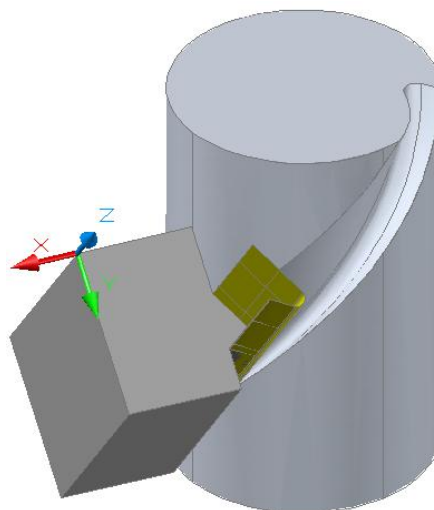


Рис. 3. Компьютерные модели детали и инструментальной рейки, а также соответствующие сопряженные поверхности

В соответствии с разработанным способом [7] решение задачи может быть реализовано численными способами, без вывода уравнения связи параметров  $u$  и  $v$ . Для этого в уравнениях (2), с учетом уравнений (1), семейства поверхностей на две координаты накладывают условия связи и при изменении одного из параметров  $u$  или  $v$  рассчитывают экстремальные значения третьей координаты.

Для рассматриваемого случая наложим на две координаты  $z$  и  $y$  связи:  $z=0$ ,  $y=a$  ( $a$  – вещественное число) и будем определять условные экстремумы координаты  $x$ . Тогда функция Лагранжа будет представлена так:



$$L(u, v, t) = f_1(u, v) + \lambda_1 [f_2(u, v) \cdot \cos \beta - f_3(u, v) \cdot \sin \beta - a] + \lambda_2 [f_2(u, v) \cdot \sin \beta + f_3(u, v) \cdot \cos \beta + t]$$

где  $\lambda_1, \lambda_2$  – множители Лагранжа.

Система уравнений, соответствующая записанной функции Лагранжа, из решения которой устанавливается связь параметров поверхности, будет

$$f_{1u}(u, v) + \lambda_1 [f_{2u}(u, v) \cdot \cos \beta - f_{3u}(u, v) \cdot \sin \beta] + \lambda_2 [f_{2u}(u, v) \cdot \sin \beta + f_{3u}(u, v) \cdot \cos \beta] = 0,$$

$$f_{1v}(u, v) + \lambda_1 [f_{2v}(u, v) \cdot \cos \beta - f_{1v}(u, v) \cdot \sin \beta] + \lambda_2 [f_{2v}(u, v) \cdot \sin \beta + f_{3v}(u, v) \cdot \cos \beta] = 0,$$

$$\lambda_2 = 0,$$

где  $f_{1u}(u, v), f_{2u}(u, v), f_{3u}(u, v), f_{1v}(u, v), f_{2v}(u, v), f_{3v}(u, v)$  – частные производные функций (1) по параметрам  $u$  и  $v$ .

Из решения приведенной системы уравнений после преобразований получим такое же равенство (5), как и полученное ранее, что подтверждает справедливость предлагаемого алгоритма численного решения поставленной задачи.

При наложении условия связи на координату  $u$  и с учетом системы уравнений (4) второе уравнение системы (2) будет иметь вид  $y = [f_1(u) \cdot \sin v + \bar{f}_2(u) \cdot \cos v] \cdot \cos \beta - p_1 \cdot v \cdot \sin \beta$ , (9) в котором  $y=a$ .

Так как уравнение (9) является трансцендентным относительно параметра  $v$ , то для его решения численными методами требуются приближенное начальное значение и диапазон изменения этого параметра. В связи с тем, что уравнение (9) можно рассматривать как уравнение некоторой поверхности в декартовой системе координат  $uvu$ , а для  $y=a$  это уравнение определяет линию уровня на такой поверхности, то для его исследования целесообразно использовать системы MathCAD и Maple. Примеры таких поверхностей, а также сечения их плоскостями, параллельными координатным плоскостям, приведены на рисунке 4 и рисунке 5. Эти рисунки дают достаточно полное представление о строении кривой, задаваемой уравнением (9) для конкретного значения координаты  $y$ , а значит полезны для задания начальных значений параметра  $v$ . Модели такой поверхности, а также ее сечений, полезны и при установлении соответствия между параметрами  $u$  и  $v$ . Последнее важно для выявления возможных особенностей на огибающей. Так для  $z=-8$  на большом интервале изменения параметров  $u$  и  $v$  одному значению параметра  $v$  соответствуют два значения параметра  $u$  (рисунок 4), а для  $z=12$  (рисунок 5) между ними, в основном, устанавливается взаимно однозначное соответствие. Следовательно, в первом случае возможны особенности на сечении огибающей семейства винтовых поверхностей, а во втором – в меньшей степени.

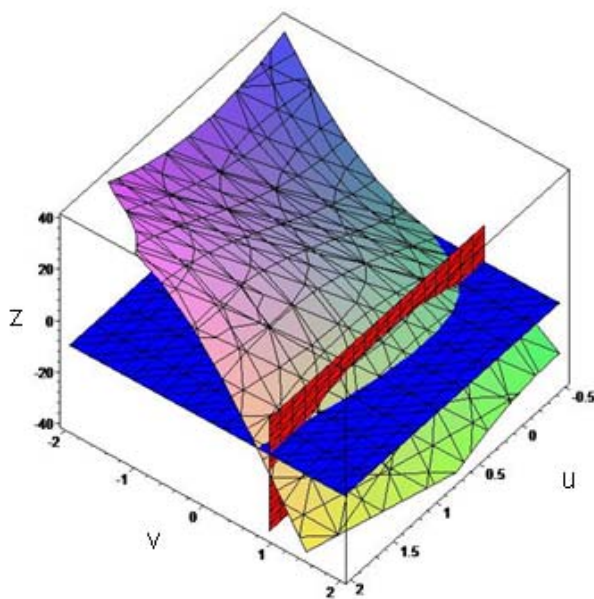


Рис. 4. Сечение поверхности плоскостью  $z=-4$  для  $v=1$

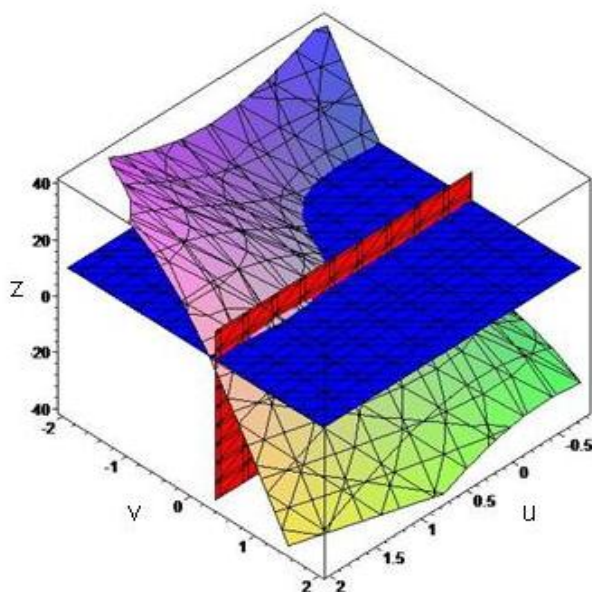


Рис. 5. Сечение поверхности плоскостью  $z=10$  для  $v=0,2$

Тогда алгоритм расчета сечения цилиндрической поверхности, сопряженной с заданной винтовой поверхностью, не требующий использования дифференциальных параметров исходной поверхности, будет

1) при заданном значении координаты  $u=a$  и изменении параметра  $u$  по уравнению (9) рассчитываются величины параметра  $v$ ;

2) по первому уравнению системы (8) вычисляются значения координаты  $x$  и выбирается то из них, которое является экстремальным; полученная координата  $x$  и соответствующая ей координата  $y$  определяют одну из искомых точек сечения цилиндрической поверхности;

3) повторяют пункты 1 и 2 алгоритма для нового значения координаты  $u$ ;

4) множество точек, определяемых полученными координатами  $x$  и  $y$ , задают торцовое сечение цилиндрической поверхности рейки.

Для определения винтовой поверхности червячной фрезы, сопряженной с полученной цилиндрической поверхностью, с целью удобства вывода расчетных зависимостей предположим что профиль последней задан уравнением

$$y = f(x). \quad (10)$$

Закон ее относительного движения задается формулами преобразования координат, которые имеют вид

$$\begin{aligned} x_2 &= (x - R_2) \cdot \cos \varphi + (y \cdot \cos \alpha + z \cdot \sin \alpha) \cdot \sin \varphi, \\ y_2 &= -(x - R_2) \cdot \sin \varphi + (y \cdot \cos \alpha + z \cdot \sin \alpha) \cdot \cos \varphi, \\ z_2 &= -y \cdot \sin \alpha + z \cdot \cos \alpha + p_2 \cdot \varphi, \end{aligned} \quad (11)$$

$\varphi$  – угол поворота системы  $S$  вокруг оси  $O_2Z_2$ ,  
 $p_2$  – параметр винтовой поверхности фрезы.

#### Профилирование винтовой поверхности, сопряженной с цилиндрической поверхностью

Для определения винтовой поверхности фрезы определим её торцовый профиль. В этом случае  $z_2=0$  и из последнего уравнения системы (11) имеем

$$z = y \cdot \operatorname{tg} \alpha - p_2 \cdot \varphi / \cos \alpha.$$

Подставив полученное выражение в первые два уравнения системы (11), получим

$$\begin{aligned} x_2 &= (y / \cos \alpha - p_2 \cdot \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \sin \varphi + (x - R_2) \cdot \cos \varphi, \\ y_2 &= (y / \cos \alpha - p_2 \cdot \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \cos \varphi - (x - R_2) \cdot \sin \varphi. \end{aligned} \quad (12)$$

Эти уравнения определяют семейство конгруэнтных кривых в плоскости  $x_2y_2$ . Огибающая этого семейства является торцовым профилем винтовой поверхности фрезы. Для отыскания этого профиля, как и в предыдущей задаче, используем результаты работы [7]. Для этого определяем условные экстремумы координаты  $x_2$  при наложении связи на  $y_2=b$  ( $b$  – вещественное число). Тогда функция Лагранжа, с учетом уравнений (10) и (12), имеет вид

$$L(x, \varphi) = [f(x) / \cos \alpha - p_2 \cdot \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha] \cdot \sin \varphi + (x - R_2) \cdot \cos \varphi + \lambda_1 [f(x) / \cos \alpha - p_2 \cdot \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha] \cdot \cos \varphi - (x - R_2) \cdot \sin \varphi - b]$$

а соответствующая система, из решения которой определяются необходимые условия существования экстремума, будет

$$\begin{aligned} & [f_x(x)/\cos\alpha] \cdot \sin\varphi + \cos\varphi + \\ & + \lambda_1 [[f_x(x)/\cos\alpha] \cdot \cos\varphi - \sin\varphi] = 0, \\ & -p_2 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot \sin\varphi + [f(x)/\cos\alpha - p_2 \cdot \varphi \cdot \operatorname{tg}\alpha] \cdot \cos\varphi - (x-R_2) \cdot \sin\varphi + \\ & + \lambda_2 [-p_2 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot \cos\varphi - [f(x)/\cos\alpha - p_2 \cdot \varphi \cdot \operatorname{tg}\alpha] \cdot \sin\varphi - (x-R_2) \cdot \cos\varphi] = 0. \end{aligned}$$

Из полученной системы уравнений, после преобразований, получим

$$\varphi = \frac{f(x)}{p_2 \cdot \sin\alpha} + \frac{\cos\alpha}{f_x(x)} + \frac{(x-R_2) \cdot \cos^2\alpha}{p_2 \cdot \sin\alpha \cdot f_x(x)}. \quad (13)$$

Входящая в уравнение (13) производная  $f_x(x)$  определяет угол наклона касательной к профилю цилиндрической поверхности с осью  $Ox$ . Выразим эту производную для случая, когда профиль поверхности задан уравнениями (8). С целью удобства вывода расчетных зависимостей систему (8) представим в виде

$$\begin{aligned} x &= \bar{x}(u, v), \\ y &= \bar{y}(u, v), \\ F(u, v) &= 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Тогда получим

$$f_x(x) = \frac{-y_u(u, v) \cdot F_v(u, v) + y_v(u, v) \cdot F_u(u, v)}{-x_u(u, v) \cdot F_v(u, v) + x_v(u, v) \cdot F_u(u, v)}. \quad (15)$$

На основе полученных выше зависимостей алгоритм расчета профиля поверхности фрезы по заданной цилиндрической винтовой поверхности детали будет следующим:

а) при изменении параметра  $u$  в интервале его определения по зависимости (7) рассчитываются значения координаты  $v$ ; б) по первым двум уравнениям системы (8) с учетом (4) вычисляются координаты нормального сечения цилиндрической поверхности инструментальной рейки;

в) по формуле (13) с учетом (15) определяются значения параметра  $\varphi$ ; г) координаты торцового профиля искомой винтовой поверхности вычисляются по уравнениям системы (12).

Торцовый профиль, параметр  $p_2$  и ось  $O_2Z_2$  определяют цилиндрическую винтовую поверхность фрезы.

Описанный алгоритм определяет аналитическое решение второй части поставленной задачи. Профилирование винтовой поверхности по заданной цилиндрической может быть как частью поставленной задачи, так и самостоятельной задачей и реализована бездифференциальным подходом, использующим

компьютерное твердотельное моделирование [8].

### Заключение

Предложены два варианта профилирования сопряженных винтовых поверхностей с точечным касанием. Один из них позволил получить в общем виде аналитические зависимости для профилирования сопряженных винтовых поверхностей с точечным контактом. По этим зависимостям может быть исследовано влияние исходных параметров на профиль искомой поверхности. Так, в частности, в данном решении в расчетных зависимостях установлено влияние на форму искомого профиля значений второй производной в точках профиля исходной поверхности.

Во втором варианте используется бездифференциальное решение, не требующее получения уравнений связи параметров исходной поверхности. Оба варианта основаны на установленных закономерностях в расположении точек сечений вспомогательных поверхностей относительно координатных плоскостей. На отдельных этапах решения поставленной задачи предложено использовать полигональные и твердотельные модели для выявления возможных особенностей на профилях сопряженных поверхностей.

### Библиографический список

1. Гохман Х. И. Теория зацеплений, обобщенная и развитая путем анализа, Одесса, 1886.
2. Лашнев С. И. Расчет и конструирование металлорежущих инструментов с применением ЭВМ. /С. И. Лашнев, М. И. Юликов. – М.: Машиностроение, 1975. – 392 с.
3. Люкшин В. С. Теория винтовых поверхностей в проектировании режущих инструментов. / В. С. Люкшин. – М.: Машиностроение, 1967. – 372 с.
4. Залгаллер В. А. Расчет червячных фрез для обработки роторов винтовых компрессоров. / В. А. Залгаллер. – Механика машин. – М.: Наука, вып. 45, 1974. – с. 68-73.
5. Литвин Ф. Л. Теория зубчатых зацеплений. / Ф. Л. Литвин – М.: Наука, 1968. – 584 с.
6. Чемборисов Н. А. Обзор методов профилирования червячной фрезы для зубчатых венцов / Н. А. Чемборисов, Т. Г. Девяева // Металлообработка. – 2010. – № 4. – С. 2-6.
7. Ляшков А. А. Аналитическое исследование сопряженных винтовых поверхностей с применением ЭВМ. / А. А. Ляшков, А. Н. Подкорытов // Материалы межзональной научно-методической конференции вузов Сибири, Урала и Дальнего Востока по прикладной геометрии и инженерной графике. – Новосибирск, 1976. – С. 45-54.
8. Ляшков А. А. Моделирование формообразования винтовых поверхностей деталей инструментальной рейкой и червячной фрезой. /А. А.

Ляшков // Металлообработка. – 2011. – № 1(61). – С. 2-7.

9. Ляшков А. А. Огибающая однопараметрического семейства поверхностей, как особенность отображения ортогональным проецированием гиперповерхности, заданной в 4-х мерном пространстве параметрическими уравнениями, на гиперплоскость. /А. А. Ляшков, В. Я. Волков, В. С. Прокопец //Вестник СибАДИ.– 2012. – № 1. – С. 60-66.

### GEOMETRIC MODELING AND COMPUTER PROFILING OF SCREW SURFACES WITH A TOUCH

A. A. Lyashkov, A. V. Zykina

Reviewed by profiling of screw surfaces with pinhole contact in two ways. For the first version of the analytical dependences using differential parameters of surfaces. The second option uses the bezdifferencial'noe solution. Both versions are based on established patterns in the location

of points on the coordinate surfaces of the auxiliary sections of planes. The individual stages of the proposed use polygonal and solid state model in order to identify possible features, profiles of surfaces.

*Ляшков Алексей Ануфриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры "Инженерная геометрия и САПР" Омского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – геометрическое и компьютерное моделирование сложных поверхностей деталей. Общее количество публикаций – более 90. e-mail: 3dogibmod@mail.ru.*

*Зыкина Анна Владимировна - Ученая степень доктор физико-математических наук, профессор. Основные направления научной деятельности - математическое и компьютерное моделирование сложных систем. Общее количество опубликованных работ: 91. e-mail: avzykina@mail.ru*

УДК 514.182

### ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ СОПРИКАСАЮЩИХСЯ ЛИНЕЙЧАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

К. Л. Панчук, А. С. Нитейский

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы соприкосновения линейчатых поверхностей по их общей образующей. Введены понятия дуального вектора расхождения и порядка соприкосновения линейчатых поверхностей. Исследованы свойства соприкасающихся линейчатых поверхностей и их стрикций для начальных порядков соприкосновения. Полученные результаты исследований могут быть положены в основу конструирования сложных технических линейчатых поверхностей, состоящих из линейчатых сегментов, состыкованных по условиям соприкосновения.

**Ключевые слова:** линейчатая поверхность, порядок соприкосновения, дуальный вектор расхождения.

#### Введение

При изучении линейчатых поверхностей (ЛП) в бесконечно малой окрестности их образующих важное значение имеет порядок близости двух ЛП с общей образующей прямой линией. Для получения представления о поведении ЛП в бесконечно малой окрестности ее образующей с определенной степенью точности необходимо подобрать другую ЛП, которая совпадает с этой степенью точности с заданной ЛП. Если для второй ЛП достаточно хорошо известно ее строение, например, для

цилиндрической поверхности, то появляется возможность получения представления о строении первой ЛП в бесконечно малой окрестности ее образующей.

#### Исходные предпосылки

Уравнение ЛП может быть представлено в следующей форме [1,2]:  
 $\bar{A}_1(t) = \bar{a}_{01}(t) + \omega \bar{a}_{11}(t)$ ,  $\omega^2=0$ , где  $\bar{a}_{01}(t)$  - единичный вектор образующей прямой;  $\bar{a}_{11}(t)$  - момент вектора  $\bar{a}_{01}$  относительно начала координат системы отнесения;  $\bar{A}_1(t)$  - дуальный

единичный вектор с координатным представлением  $\bar{A}_1 = \bar{i}x + \bar{j}y + \bar{k}z$ , при этом  $x^2 + y^2 + z^2 = 1$ ;  $t$  – вещественный параметр  $T_0 \leq t \leq T_1$ .

Допускаем, что дуальная вектор-функция  $\bar{A}_1(t)$  обладает на отрезке изменения  $t$  непрерывными производными необходимого порядка. В Бляшке [1] построен ортонормированный триедер ЛП с дуальными ортами:

$$\bar{A}_1; \bar{A}_2 = \bar{a}_{02} + \omega \bar{a}_{12} = \frac{\bar{A}_1'}{H};$$

$$\bar{A}_3 = \bar{a}_{03} + \omega \bar{a}_{13} = \bar{A}_1 \times \bar{A}_2.$$

Деривационные уравнения этого триедра имеют вид:

$$\bar{A}_1' = H \cdot \bar{A}_2; \bar{A}_2' = H \cdot \bar{A}_1 + Q \cdot \bar{A}_3; \bar{A}_3' = Q \cdot \bar{A}_2, (1)$$

где  $H = h_0 + \omega h_1 = |\bar{A}_1'|$ ,

$$Q = q_0 + \omega q_1 = \frac{(\bar{A}_1 \bar{A}_1' \bar{A}_1'')}{H^2},$$

отвечают соответствующим производным по параметру  $t$ .

Дуальная дуга образующей ЛП зависит от вещественного параметра

$$s(t) = s_0(t) + \omega s_1(t) = \int_{t_0}^t H \cdot dt.$$

Дифференцирование по верхнему пределу дает

$$s'_t = \frac{ds}{dt} = H; (s_0)'_t = \frac{ds_0}{dt} = h_0 > 0;$$

$$(s_1)'_t = \frac{ds_1}{dt} = h_1 > 0,$$

т.к. принято, что  $H = |\bar{A}_1'| \neq 0$ . Главная  $s_0$  и моментная  $s_1$  части функции  $s(t)$  – монотонно возрастающие вещественные функции  $s_0 = f_0(t)$  и  $s_1 = f_1(t)$  от значений  $s_0(T_0)$  и  $s_1(T_0)$  (отрицательных) при  $t = T_0$  до значений  $s_0(T)$  и  $s_1(T)$  (положительных) при  $t = T$  и проходящие через 0 при  $t = t_0$ . Такие функции, как известно, допускают обращение  $t = f_0^{-1}(s_0)$  и  $t = f_1^{-1}(s_1)$ . Таким образом, существует взаимнооднозначное отображение  $t \in [T_0, T] \leftrightarrow s_0 \in [S_0, S_{0n}]$ ,  $t \in [T_0, T] \leftrightarrow s_1 \in [S_1, S_{1n}]$  т. е. каждому положению образующей на ЛП, определяемому параметром  $t$ , соответствует определенное значение ее дуальной дуги  $s$  и наоборот. Рассмотрим две ЛП, имеющие общую образующую  $\bar{a}_{01}$ .

Пусть  $\bar{a}'_{01}$  и  $\tilde{\bar{a}}'_{01}$  – соседние с  $\bar{a}_{01} = \tilde{\bar{a}}_{01}$  образующие этих ЛП, обладающие равными дуальными дугами  $s(t) = \tilde{s}(\tilde{t})$ , где  $\tilde{T}_0 \leq \tilde{t} \leq \tilde{T}$  (Рис.1).

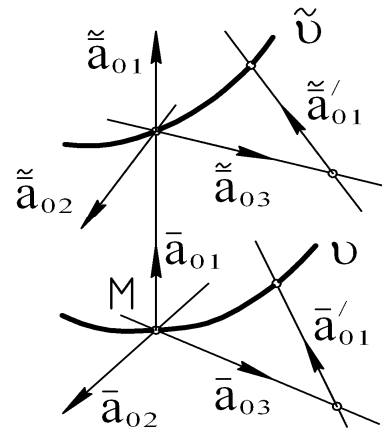


Рис. 1. Общая образующая ЛП

Считая, что для второй ЛП имеют место геометрические предпосылки, аналогичные указанным для первой, можно показать, что для рассматриваемых ЛП существует единственная вещественная функция  $\tilde{t} = f(t)$ , непрерывная и дифференцируемая необходимое число раз на отрезке  $T_0 \leq t \leq T_1$ . Для этого рассмотрим дуальную скалярную функцию  $F(t, \tilde{t}) = s(t) - \tilde{s}(\tilde{t})$ , главная и моментная составляющие которой имеют соответственно вид:

$$F_0(t, \tilde{t}) = s_0(t) - \tilde{s}_0(\tilde{t}),$$

$$F_1(t, \tilde{t}) = s_1(t) - \tilde{s}_1(\tilde{t}).$$

Для функции  $F_0(t, \tilde{t})$  характерно следующее:

1. Она является дифференцируемой в точках пространства переменных  $(t, \tilde{t})$ . Действительно, существуют частные производные  $(F_0)'_t = (s_0)'_t \neq 0$  на отрезке  $[T_0, T]$  и  $(F_0)'_{\tilde{t}} = -(\tilde{s}_0)'_{\tilde{t}} \neq 0$  на отрезке  $[\tilde{T}_0, \tilde{T}]$ ; причём функции  $(s_0)'_t$  и  $(\tilde{s}_0)'_{\tilde{t}}$  непрерывны соответственно в точках указанных отрезков, т. к. дифференцируемы  $\bar{A}_1(t)$  и  $\tilde{\bar{A}}_1(\tilde{t})$  до любого необходимого порядка. Таким образом,  $F_0(t, \tilde{t})$  имеет частные производные по аргументам  $t$  и  $\tilde{t}$  в окрестности любой точки  $M_0(t_0, \tilde{t}_0)$  пространства  $(t, \tilde{t})$ , причём в точке  $M$  эти производные непрерывны.

2.  $F_0(M_0) = F_0(t_0, \tilde{t}_0) = 0$ , т. к.  $s_0(t_0) = \tilde{s}_0(\tilde{t}_0) = 0$ .

Из условий 1 и 2 по известной в математическом анализе теореме о неявной функции следует, что  $\tilde{t} = \psi_1(t)$ , где  $\psi_1(t)$  – непрерывная и дифференцируемая в точке  $M_0$  функция. При этом порядок дифференцирования функции  $\psi_1(t)$  может быть увеличен до порядка дифференцирования функции  $F_0(t, \tilde{t})$ , что возможно по принятому допущению для дуальных векторных функций  $\bar{A}_1(t)$  и  $\tilde{A}_1(\tilde{t})$ . Поэтому имеет место:

$$\tilde{t}'_t = -\frac{(F_0)'_t}{(F_0)'_{\tilde{t}}} = -\frac{(s_0)'_t}{(\tilde{s}_0)'_{\tilde{t}}}$$

Аналогичные рассуждения можно привести и для вещественной функции  $F_1(t, \tilde{t})$ . В результате получаем:

$$\tilde{t} = \psi_2(t), \quad \tilde{t}'_t = -\frac{(F_1)'_t}{(F_1)'_{\tilde{t}}} = -\frac{(s_1)'_t}{(\tilde{s}_1)'_{\tilde{t}}}$$

Но из равенства  $ds = d\tilde{s}$  следует  $s'_t = s'_{\tilde{t}} \cdot \tilde{t}'_t$ . Раскрывая последнее дуальное равенство, получаем  $(s_0)'_t = (\tilde{s}_0)'_{\tilde{t}} \cdot \tilde{t}'_t$ ;  $(s_1)'_t = (\tilde{s}_1)'_{\tilde{t}} \cdot \tilde{t}'_t$ , откуда следует  $\tilde{t}'_t = \tilde{t}'_t$ . Последнее, с учётом существования взаимной однозначности соответствия  $T_0 \leq t \leq T_1 \leftrightarrow \tilde{T}_0 \leq \tilde{t} \leq \tilde{T}$ , обеспечиваемой функциями  $\psi_1$  и  $\psi_2$ , позволяет утверждать, что  $F_0(t, \tilde{t}) = F_1(t, \tilde{t})$  и зависимость  $\tilde{t} = \tilde{t}(t)$  – единственная для данных ЛП.

Разложим теперь дуальные векторные функции  $\bar{A}_1(t)$  и  $\tilde{A}_1(\tilde{t})$  в ряд Тейлора по степеням  $\Delta t$  и  $\Delta \tilde{t}$  в окрестности образующих  $t_0$  и  $\tilde{t}_0$  соответственно:

$$\begin{aligned} \bar{A}_1(t) &= \bar{A}_1(t_0) + \bar{A}'_1(t_0) \Delta t + \bar{A}''_1(t_0) \frac{\Delta t^2}{2!} + \dots \\ \tilde{A}_1(\tilde{t}) &= \tilde{A}_1(\tilde{t}_0) + \tilde{A}'_1(\tilde{t}_0) \Delta \tilde{t} + \tilde{A}''_1(\tilde{t}_0) \frac{\Delta \tilde{t}^2}{2!} + \dots \end{aligned}$$

Учитывая функциональную зависимость  $\tilde{t} = f(t)$ , последнее разложение можно представить в виде

$$\tilde{A}_1^*(t) = \tilde{A}_1^*(t_0) + \tilde{A}'_1^*(t_0) \Delta t + \tilde{A}''_1^*(t_0) \frac{\Delta t^2}{2!} + \dots$$

**Дуальный вектор расхождения. Поряд-**

**док соприкосновения ЛП**

В качестве дуального вектора расхождения рассматриваемых ЛП примем вектор:

$$\bar{G}(t) = \bar{A}_1(t_0) - \tilde{A}_1^*(t_0) + [\bar{A}'_1(t_0) - \tilde{A}'_1^*(t_0)] \cdot \Delta t + [\bar{A}''_1(t_0) - \tilde{A}''_1^*(t_0)] \cdot \frac{\Delta t^2}{2!} + \dots$$

где  $\bar{A}_1(t_0)$ ,  $\bar{A}'_1(t_0)$ , ...,  $\tilde{A}_1^*(t_0)$ ,  $\tilde{A}'_1^*(t_0)$ , ... – дуальные векторные функции и их последовательные производные в образующей  $t_0$ .

Введем понятие порядка соприкосновения двух ЛП. Поскольку

$$\begin{aligned} \bar{A}_1(t) &= \bar{i}x(t) + \bar{j}y(t) + \bar{k}z(t); \\ \tilde{A}_1^*(t) &= \bar{i}x^*(t) + \bar{j}y^*(t) + \bar{k}z^*(t), \end{aligned}$$

то для модуля дуального вектора расхождения  $\bar{G}(t)$

$$\bar{G}(t) = \bar{A}_1(t) - \tilde{A}_1^*(t) = \bar{i}(x - x^*) + \bar{j}(y - y^*) + \bar{k}(z - z^*)$$

можно записать

$$g(t) = \sqrt{|\bar{G}(t)|^2} = \sqrt{(x - x^*)^2 + (y - y^*)^2 + (z - z^*)^2}$$

Дуальный вектор расхождения  $\bar{G}$ , характеризующий близость обеих ЛП в окрестности их общей образующей, определяется двумя образующими  $\bar{a}_{01}$  и  $\tilde{a}_{01}$ , каждая из которых смещена по своей ЛП на одну и ту же дуальную дугу  $ds = d\tilde{s}$  от общей образующей. Как было показано выше, существуют взаимно однозначные отображения  $t \in [T_0, T] \leftrightarrow s_0 \in [S_0, S_{0n}]$ ,  $t \in [T_0, T] \leftrightarrow s_1 \in [S_1, S_{1n}]$  и  $\tilde{t} = f(t)$  – функция также взаимно однозначного отображения  $T_0 \leq t \leq T_1 \leftrightarrow \tilde{T}_0 \leq \tilde{t} \leq \tilde{T}$ . Учитывая изложенное, будем оценивать порядок малости модуля  $g(s)$  дуального вектора расхождения относительно бесконечно малой дуальной величины  $\Delta s$ . Если выполняется условие

$$\lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{g(s)}{\Delta s^n} = 0,$$

где  $n$  – целое положительное число, то будем считать, что ЛП в их общей образующей  $\bar{a}_{01} = \tilde{a}_{01}$  имеют соприкосновение не ниже  $n$ -го порядка. Если же  $n$  – максимальное, то ЛП имеют соприкосновение точно  $n$ -го порядка. Поскольку  $ds = ds_0 + \omega ds_1 = h_0 dt + \omega h_1 dt$ , т.е.  $ds_0 = h_0 dt$ ,  $ds_1 = h_1 dt$ , то условие  $\Delta s \rightarrow 0$  может быть заменено двумя условиями:  $\Delta s_0 \rightarrow 0$  и  $\Delta s_1 \rightarrow 0$ , что при  $h_0 \neq 0$  и  $h_1 \neq 0$  приводит к  $\Delta t \rightarrow 0$ . Действительно,  $ds_0$  и  $dt$ ,  $ds_1$  и  $dt$  – пары эквивалентных бесконечно малых величин. В ито-

ге получаем следующее условие для оценки порядка соприкосновения ЛП:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{g(t)}{\Delta t^n} = 0.$$

Поскольку каждая из шести дуальных скалярных функций  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$ ,  $x^*(t)$ ,  $y^*(t)$ ,  $z^*(t)$  имеет непрерывные производные до  $n+1$  порядка включительно в образующей  $t_0$  и ее окрестности, то для них имеет место формула Тейлора, что позволяет записать для координат вектора  $\bar{G}(t)$ :

$$\tilde{x}(t) = x(t) - x^*(t) = \tilde{x}(t_0) + \tilde{x}'(t_0)\Delta t + \tilde{x}''(t_0)\frac{\Delta t^2}{2!} + \dots + \tilde{x}^{(n)}(t_0)\frac{\Delta t^n}{n!} + \tilde{x}^{(n+1)}(\delta_1)\frac{\Delta t^{n+1}}{(n+1)!};$$

$$\tilde{y}(t) = y(t) - y^*(t) = \tilde{y}(t_0) + \tilde{y}'(t_0)\Delta t + \tilde{y}''(t_0)\frac{\Delta t^2}{2!} + \dots + \tilde{y}^{(n)}(t_0)\frac{\Delta t^n}{n!} + \tilde{y}^{(n+1)}(\delta_2)\frac{\Delta t^{n+1}}{(n+1)!}; \quad (2)$$

$$\tilde{z}(t) = z(t) - z^*(t) = \tilde{z}(t_0) + \tilde{z}'(t_0)\Delta t + \tilde{z}''(t_0)\frac{\Delta t^2}{2!} + \dots + \tilde{z}^{(n)}(t_0)\frac{\Delta t^n}{n!} + \tilde{z}^{(n+1)}(\delta_3)\frac{\Delta t^{n+1}}{(n+1)!},$$

где образующие  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  и  $\delta_3$  расположены между  $t_0$  и  $t$ . В этом случае условие

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{g(t)}{\Delta t^n} = 0, \text{ где } n - \text{натуральное число, есть}$$

условие соприкосновения  $n$ -го порядка, если же  $n$  – наибольшее возможное, то соприкосновение ЛП точно  $n$ -го порядка.

**Теорема.** Для выполнения условия

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{g(t)}{\Delta t^n} = 0 \quad (3)$$

необходимо и достаточно, чтобы

$$\tilde{x}(t_0) = 0, \tilde{x}'(t_0) = 0, \tilde{x}''(t_0) = 0, \dots, \tilde{x}^{(n)}(t_0) = 0;$$

$$\tilde{y}(t_0) = 0, \tilde{y}'(t_0) = 0, \tilde{y}''(t_0) = 0, \dots, \tilde{y}^{(n)}(t_0) = 0; \quad (4)$$

$$\tilde{z}(t_0) = 0, \tilde{z}'(t_0) = 0, \tilde{z}''(t_0) = 0, \dots, \tilde{z}^{(n)}(t_0) = 0.$$

**Достаточность.** Пусть выполняются (4). Тогда из (2) следует:

$$\tilde{x}(t) = x(t) - x^*(t) = \tilde{x}^{(n+1)}(\delta_1) \cdot \frac{\Delta t^{n+1}}{(n+1)!};$$

$$\tilde{y}(t) = y(t) - y^*(t) = \tilde{y}^{(n+1)}(\delta_2) \cdot \frac{\Delta t^{n+1}}{(n+1)!};$$

$$\tilde{z}(t) = z(t) - z^*(t) = \tilde{z}^{(n+1)}(\delta_3) \cdot \frac{\Delta t^{n+1}}{(n+1)!}.$$

Условие (3) выполняется. Необходимость. Пусть

$$\tilde{x}^{(k)}(t_0) = x^{(k)}(t_0) - x^{*k}(t_0) \neq 0; \quad k < n. \text{ Тогда}$$

$$\tilde{x}(t) = x(t) - x^*(t) = [x^{(k)}(t_0) - x^{*k}(t_0)] \cdot \frac{\Delta t^k}{k!} + \dots,$$

следовательно

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{g(t)}{\Delta t^k} \neq 0, \quad k < n.$$

Условие (3) не выполняется.

**Соприкосновение ЛП**

Рассмотрим соприкосновение ЛП начальных порядков.

1. Соприкосновение порядка  $n=0$ :

$$\bar{A}_1(t_0) = \tilde{A}_1^*(t_0); \quad \bar{A}_1'(t_0) \neq \tilde{A}_1^{*'}(t_0).$$

В этом случае ЛП пересекаются вдоль общей образующей  $\bar{a}_{01}$ .

2. Соприкосновение порядка  $n=1$ :

$$\bar{A}_1(t_0) = \tilde{A}_1^*(t_0); \quad \bar{A}_1'(t_0) = \tilde{A}_1^{*'}(t_0);$$

$$\bar{A}_1''(t_0) \neq \tilde{A}_1^{*''}(t_0).$$

ЛП имеют соприкосновение точно первого порядка  $n=1$ . Поскольку

$\tilde{A}_1^{*'} = (\tilde{A}_1)'_t \tilde{t}' = \tilde{H} \cdot \tilde{t}' \cdot \tilde{A}_2$ , то следует, что “в образующей”  $\bar{a}_{01}$  имеет место:

$$\bar{A}_1 = \tilde{A}_1; \quad \bar{A}_2 = \tilde{A}_2; \quad \bar{A}_3 = \tilde{A}_3; \quad H = \tilde{H} \cdot \tilde{t}'.$$

**Предложение 1:** при  $n=1$  в центральной точке  $M$  общей образующей  $\bar{a}_{01}$  соприкасающихся ЛП имеют совпавшие триедры  $(\bar{a}_{01}, \bar{a}_{02}, \bar{a}_{03})$  и  $(\tilde{a}_{01}, \tilde{a}_{02}, \tilde{a}_{03})$ , кроме того  $ds = d\tilde{s}$  - это известный факт [2]. На рисунке 2 показаны неразвертывающиеся поверхности (эллиптический и гиперboloид вращения), состыкованные по первому порядку гладкости.

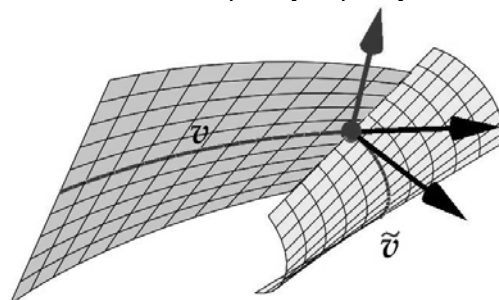


Рис. 2. Соприкосновение  $n=1$  неразвертывающихся ЛП

3. Соприкосновение порядка  $n=2$ :

$$\bar{A}_1(t_0) = \tilde{A}_1^*(t_0); \quad \bar{A}_1'(t_0) = \tilde{A}_1^{*'}(t_0);$$

$$\bar{A}_1''(t_0) = \tilde{A}_1^{*''}(t_0); \bar{A}_1'''(t_0) \neq \tilde{A}_1^{*'''}(t_0).$$

ЛП имеют в образующей  $\bar{a}_{01}$  соприкосновение точно второго порядка. Поскольку выполняются соотношения

$$\begin{aligned} \bar{A}_1'' &= -H^2 \cdot \bar{A}_1 + H' \cdot \bar{A}_2 + H \cdot Q \cdot \bar{A}_3; \\ \tilde{A}_1^{*''} &= -\tilde{H}^2 \cdot (\tilde{r})^2 \cdot \tilde{A}_1 + [\tilde{H}'_t \cdot (\tilde{r})^2 + \tilde{H} \cdot \tilde{r}'] \cdot \tilde{A}_2 + [\tilde{H} \cdot \tilde{Q} \cdot (\tilde{r})^2] \cdot \tilde{A}_3, \end{aligned}$$

то следует, что в общей образующей выполняются равенства

$$H = \tilde{H} \cdot \tilde{r}'; H' = (\tilde{H} \cdot \tilde{r}')'_t; Q = \tilde{Q} \cdot \tilde{r}'. \quad (5)$$

Раскрытие условий (5) приводит к следующим равенствам:

$$ds = d\tilde{s}; \frac{d^2s}{dt^2} = (\tilde{s}'_t \cdot \tilde{r}')'_t; ds_{(1)} = d\tilde{s}_{(1)},$$

где  $ds_{(1)} = ds_{10} + \omega ds_{11}$  и  $d\tilde{s}_{(1)} = d\tilde{s}_{10} + \omega d\tilde{s}_{11}$  - элементы дуальных дуг ЛП, образованных центральными касательными  $\bar{a}_{03}$  и  $\tilde{a}_{03}$  соответственно. Поскольку  $ds' = \sqrt{ds^2 + ds_1^2}$ , то  $ds' = d\tilde{s}'$ , где

$ds' = ds'_0 + \omega ds'_1$  и  $d\tilde{s}' = d\tilde{s}'_0 + \omega d\tilde{s}'_1$  - элементы дуальных дуг ЛП, образованных центральными нормальными  $\bar{a}_{02}$  и  $\tilde{a}_{02}$  соответственно.

**Предложение 2:** при  $n=2$  совмещены триедры эволют первого порядка соприкасающихся ЛП, равны их дуальные радиусы кривизны  $\rho = \tilde{\rho} = \sin R$ , где  $R=R(s)$  - дуальный угол между соответствующими образующими ЛП и ее линейчатой эволюты, а также существует общий соприкасающийся винт этих ЛП с параметром  $P' = \frac{ds'_1}{ds'_0}$ . Кинематический винт

обеспечивает перемещение первого порядка малости общего триедра  $(\bar{a}_{01}, \bar{a}_{02}, \bar{a}_{03})$  соприкасающихся ЛП вдоль их стрикций  $\nu$  и  $\tilde{\nu}$ , имеющих равные элементы дуг  $d\sigma = \sqrt{ds_{11}^2 + ds_1^2} = d\tilde{\sigma}$ . На рисунках 3 и 4 показаны поверхности, состыкованные по второму порядку гладкости.

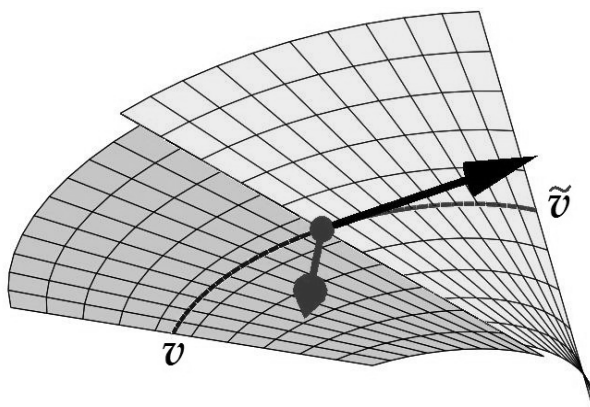


Рис. 3. Соприкосновение  $n=2$  неразвертывающихся ЛП

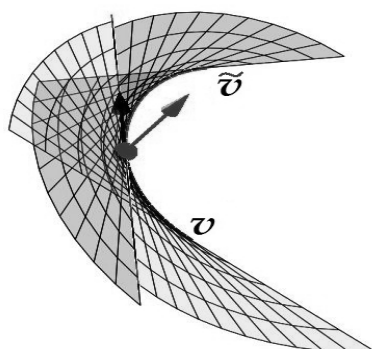


Рис. 4. Соприкосновение  $n=2$  развертывающихся (торсовых) ЛП



4. Соприкосновение порядка n=3:

$$\begin{aligned} \overline{A}_1(t_0) &= \widetilde{A}_1^*(t_0); \overline{A}'_1(t_0) = \widetilde{A}'_1^*(t_0); \\ \overline{A}''_1(t_0) &= \widetilde{A}''_1^*(t_0); \overline{A}'''_1(t_0) = \widetilde{A}'''_1^*(t_0). \end{aligned}$$

ЛП имеют в общей образующей  $\overline{a}_{01}$  соприкосновение третьего порядка (n=3). Поскольку имеет место соотношения

$$\begin{aligned} \overline{A}_1''' &= -3H \cdot H' \cdot \overline{A}_1 + (H'' - H^3 - H \cdot Q^2) \cdot \overline{A}_2 + (2H' \cdot Q + H \cdot Q') \cdot \overline{A}_3; \\ \widetilde{A}_1''' &= -3\widetilde{H} \cdot \widetilde{H}' \cdot (\widetilde{t}')^3 + \widetilde{H} \cdot \widetilde{t}' \cdot \widetilde{t}'' \cdot \widetilde{A}_1 + [(\widetilde{t}')^3 \cdot (-\widetilde{H}^3 + \widetilde{H} \cdot \widetilde{Q}^2) + \\ &+ 3\widetilde{H} \cdot \widetilde{t}' \cdot \widetilde{t}'' + \widetilde{H} \cdot \widetilde{t}''' \cdot \widetilde{A}_2 + [(\widetilde{t}')^3 \cdot (2\widetilde{H} \cdot \widetilde{Q} + \widetilde{H} \cdot \widetilde{Q}') + 3\widetilde{H} \cdot \widetilde{Q} \cdot \widetilde{t}' \cdot \widetilde{A}_3, \end{aligned}$$

то, учитывая исходные условия настоящего п.4, получим, что в общей образующей  $\overline{a}_{01}$  выполняются равенства:

$$\begin{aligned} H &= \widetilde{H} \cdot \widetilde{t}'; H' = (\widetilde{H} \cdot \widetilde{t}')'_t; H'' = (\widetilde{H} \cdot \widetilde{t}')''_t; \\ Q &= \widetilde{Q} \cdot \widetilde{t}'; Q' = (\widetilde{Q} \cdot \widetilde{t}')'_t; ds = d\widetilde{s}; \\ ds_{(1)} &= d\widetilde{s}_{(1)}; \frac{d^2s}{dt^2} = (\widetilde{s}'_t \cdot \widetilde{t}')'_t; \frac{d^3s}{dt^3} = (\widetilde{s}''_t \cdot \widetilde{t}')''_t; \\ \frac{d^2s_{(1)}}{dt^2} &= [(\widetilde{s}_{(1)})'_t \cdot \widetilde{t}'']_t; d\sigma = d\widetilde{\sigma}. \quad (6) \end{aligned}$$

Раскрытие условий (6) приводит к результатам, дополняющим п.п. 1, 2 и 3.

**Предложение 3:** у соприкасающихся ЛП совмещены триедры эволют второго порядка; совпадают элементы дуальных дуг поверхностей, образованных главными нормальными и бинормальными; равны дуальные радиусы изгиба  $r = \frac{dR}{ds} = \widetilde{r}$  исходных ЛП.

**Стрикции соприкасающихся ЛП**

Выясним поведение стрикций  $\upsilon$  и  $\widetilde{\upsilon}$  соприкасающихся ЛП. Дифференциальные уравнения стрикций исследуемых ЛП имеют вид [1]:

$$\begin{aligned} (\overline{x})'_t &= q_1 \cdot \overline{a}_{01} + h_1 \cdot \overline{a}_{03}; \\ (\widetilde{x})'_t &= \widetilde{q}_1 \cdot \widetilde{a}_{01} + \widetilde{h}_1 \cdot \widetilde{a}_{03}. \quad (7) \end{aligned}$$

При n=1 имеем  $\overline{a}_{01} = \widetilde{a}_{01}$ ;  $\overline{a}_{02} = \widetilde{a}_{02}$ ;  $\overline{a}_{03} = \widetilde{a}_{03}$ ;  $H = \widetilde{H} \cdot \widetilde{t}'$ . Из последнего следует  $h_1 = \widetilde{h}_1 \cdot \widetilde{t}'$ . В этом случае второе уравнение из (7) принимает вид  $(\widetilde{x})'_t \cdot \widetilde{t}' = \widetilde{q}_1 \cdot \widetilde{t}' \cdot \overline{a}_{01} + h_1 \cdot \overline{a}_{03}$ . Сравнивая его с первым уравнением из (7) приходим к **предложению 4:** при n=1 стрикции  $\upsilon$  и  $\widetilde{\upsilon}$  пересе-

каются в центральной точке M общей образующей  $\overline{a}_{01}$ , при этом их касательные в M инцидентны касательной плоскости  $(\overline{a}_{01}, \overline{a}_{03})$  соприкасающихся ЛП (Рис.2).

При n=2 второе уравнение из (7) принимает вид:  $(\widetilde{x})'_t \cdot \widetilde{t}' = q_1 \cdot \overline{a}_{01} + h_1 \cdot \overline{a}_{03}$ . Сравнивая его с первым из (7) приходим к следующему **предложению 5:** при n=2 стрикции соприкасающихся ЛП имеют в центральной точке образующей соприкосновения общую касательную, инцидентную касательной плоскости этих ЛП (Рис. 3, 4).

Как известно, кривизна пространственной кривой может быть определена по формуле

$$[3]: \kappa = \frac{|\overline{x}', \overline{x}''|}{(|\overline{x}'|)^3}.$$

Для стрикций  $\upsilon$  и  $\widetilde{\upsilon}$  соприкасающихся ЛП можно записать:

$$\begin{aligned} (|\overline{x}'|)^3 &= (q_1^2 + h_1^2)^{\frac{3}{2}}; \overline{x}'' = q'_1 \cdot \overline{a}_{01} + (q_1 \cdot h_0 - h_1 \cdot q_0) \cdot \overline{a}_{02} + h'_1 \cdot \overline{a}_{03}; \\ [|\overline{x}', \overline{x}''|] &= -h_1 \cdot (q_1 \cdot h_0 - h_1 \cdot q_0) \cdot \overline{a}_{01} + (h_1 \cdot q'_1 - q_1 \cdot h') \cdot \overline{a}_{02} + q_1 \cdot (q_1 \cdot h_0 - h_1 \cdot q_0) \cdot \overline{a}_{03}; \\ |\widetilde{x}'_t| &= \frac{(q_1^2 + h_1^2)^{\frac{3}{2}}}{(\widetilde{t}')^3}; \widetilde{x}''_t = (\widetilde{q}_1)'_t \cdot \overline{a}_{01} - (\widetilde{q}_1 \cdot \widetilde{h}_0 - \widetilde{h}_1 \cdot \widetilde{q}_0) \cdot \overline{a}_{02} + (\widetilde{h}_1)'_t \cdot \overline{a}_{03}; \\ q_1 &= \widetilde{q}_1 \cdot \widetilde{t}'; q_0 = \widetilde{q}_0 \cdot \widetilde{t}'; h_1 = \widetilde{h}_1 \cdot \widetilde{t}'; h_0 = \widetilde{h}_0 \cdot \widetilde{t}'; h'_0 = (\widetilde{h}_0)'_t \cdot \widetilde{t}'; h'_1 = (\widetilde{h}_1)'_t \cdot \widetilde{t}'. \end{aligned}$$

Последняя строка равенств соответствует случаю n=2, при этом выполняется равенство

$$(\widetilde{h}_1)'_t = \frac{h'_1 \cdot \widetilde{t}' - h_1 \cdot \widetilde{t}''}{(\widetilde{t}')^3}.$$

Учитывая, что при n=3 имеет место условие  $Q' = (\widetilde{Q} \cdot \widetilde{t}')'_t$ , приводящее к равенству

$$(\widetilde{q}_1)'_t = \frac{(q'_1 \cdot \widetilde{t}' - q_1 \cdot \widetilde{t}'')}{(\widetilde{t}')^3},$$

получим соотношение

$$\left[ \frac{\widetilde{x}'_t}{\widetilde{t}'}, \frac{\widetilde{x}''_t}{\widetilde{t}'^2} \right] = \frac{[\overline{x}', \overline{x}'']}{(\widetilde{t}')^3}.$$

В результате приходим к равенству  $\kappa = \widetilde{\kappa}$ . Обратимся к уравнениям Д.Н. Зейлигера [2]:

$$\begin{aligned} d\psi &= d\theta^2 + \sin^2 \theta \cdot ds_0^2 \cdot (\text{ctg}\theta - \text{ctg}R_0)^2; \\ \frac{d\theta}{d\sigma} + \cos \varphi \cdot \kappa &= 0, \end{aligned}$$

где  $d\psi = \kappa \cdot d\sigma$ ;  $\theta$  - угол между образующей  $\overline{a}_{01}$  и касательной к стрикции  $\upsilon$  в центральной точке M;  $\varphi$  - угол между плоскостью угла  $\theta$  и плоскостью соприкосновения линии  $\upsilon$ ;  $R_0$  -

главная часть дуального угла  $R$  между образующей  $\bar{a}_{01}$  и соответствующей ей бинормалью ЛП. Анализ приведенных уравнений показывает, что при  $n=3$  соприкасающиеся плоскости стрикций  $\upsilon$  и  $\tilde{\upsilon}$  в их общей точке  $M$  совмещены. Таким образом, доказано **предложение 6**: при  $n=3$  стрикции соприкасающихся ЛП в центральной точке образующей соприкосновения имеют касания второго порядка.

Поскольку порядок соприкосновения нормалей соприкасающихся ЛП на единицу меньше порядка соприкосновения самих ЛП, а стрикция ЛП есть ортогональная траектория ее нормали, то из предыдущего следует **предложение 7**: при  $n=2$  ортогональные траектории соприкасающихся ЛП имеют касание второго порядка.

В заключение отметим, что представленные в статье результаты теоретических исследований соприкосновения ЛП могут быть использованы в практике конструирования технических линейчатых поверхностей на основе "сшивания" линейчатых сегментов по их общей прямолинейной образующей с необходимым порядком гладкости в этой образующей.

#### Библиографический список

1. Бляшке В., Дифференциальная геометрия и геометрические основы теории относительности Эйнштейна. В 2-х т. Т.1. Элементарная дифференциальная геометрия [Текст] / В. Бляшке. – М.; Л.: Объед. науч.-техн. изд-во НКТП СССР, 1935. –

330с.

2. Зейлигер Д. Н., Комплексная линейчатая геометрия [Текст] / Д. Н. Зейлигер. – М.; Л.: Гос. техн.-теорет. изд-во, 1934. – 196с.

3. Рашевский П. К. ,Курс дифференциальной геометрии [Текст] / П. К. Рашевский. – М.: Гос. изд-во техн.-теор. литер., 1956. – 420 с.

#### ELEMENTS OF THE THEORY OF RULED SURFACES IN CONTACT

K. L. Panchuk, A. S. Niteisky

The problems of contact of ruled surfaces along their common generator. The concepts of dual discrepancy vector contact and order ruled surfaces. The properties of ruled surfaces in contact and their striction for the initial order of contact. The obtained results can be used as a basis for designing complex technical ruled surfaces, consisting of segments of line, docked on the conditions of contact.

*Панчук Константин Леонидович - доктор технических наук, профессор кафедры, зав. кафедрой "Инженерная геометрия и САПР" ОмГТУ. E-mail: Panchuk\_KL@mail.ru*

*Нитейский Антон Сергеевич - аспирант кафедры "Инженерная геометрия и САПР" ОмГТУ. Основное направление научных исследований: конструирование линейчатых поверхностей. Общее количество публикаций 4. E-mail: antongth@gmail.com*

УДК 51-7: 621.43

## РЕШЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ СВОБОДНЫХ И ВЫНУЖДЕННЫХ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВАЛА С ОДНОЙ МАССОЙ

Т. А. Полякова

**Аннотация.** В статье рассмотрены процессы свободных и вынужденных крутильных колебаний вала с одной массой, даны основные определения. Произведен вывод дифференциальных уравнений свободных и вынужденных крутильных колебаний вала с одной массой и приведено их решение.

**Ключевые слова:** вал, крутильные колебания, свободные колебания, вынужденные колебания, дифференциальное уравнение.

### Введение

При эксплуатации двигателей внутреннего сгорания, даже полностью уравновешенных, на определенных скоростных режимах появляются вибрации и стуки, приводящие иногда к разрушению коленчатого вала. Причиной этого являются **крутильные колебания вала**, которые возникают вследствие недостаточной жесткости коленчатого вала под действием переменных по величине и направлению крутящих моментов двигателя [1, 2]. Крутильные колебания могут быть **собственными (свободными)** и **вынужденными**. Рассмотрим задачу о свободных и вынужденных крутильных колебаний вала с одной массой и приведем ее решение используя дифференциальные уравнения. Отметим, что дифференциальные уравнения представляют собой основной аппарат естествоиспытателя и инженера, а потому именно они широко задействованы в процессе решения ряда технических задач.

### Основная часть

Собственные колебания коленчатый вал совершает выведенный из состояния покоя под действием только момента сил упругости вала  $M_{уп}$  и момента сил инерции  $M_{ин}$  от вращающихся масс. Вынужденные колебания коленчатого вала возникают в процессе работы двигателя вследствие действия периодически изменяющихся крутящих моментов, которые вызывают упругие деформации скручивания коренных шеек.

При совпадении частот собственных крутильных колебаний с вынужденными колебаниями возникает **резонанс**. Создаются большие дополнительные напряжения кручения, приводящие к поломке вала.

### 1. Свободные крутильные колебания вала с одной массой

Рассмотрим колебания вала с маховиком, предназначенного для обеспечения равномерного вращения коленчатого вала двигателя и создания необходимых условий для плавного движения машины с места. Вал жестко закреплен на свободном конце (рис. 1). Крутильная система имеет маховик массой  $m$  и моментом инерции  $J_M$ , вал длиной  $L$  с наружным диаметром  $d$ .

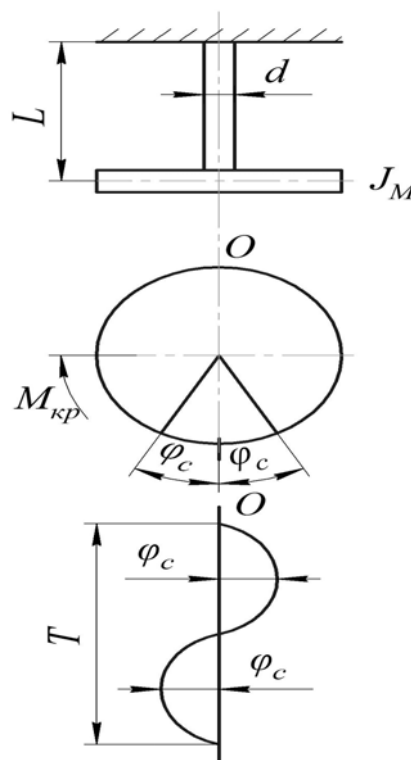


Рис. 1. Гармонические колебания системы вала с одной массой

**Колебание** – движение, повторяемое во времени. **Период** – время в секундах одного полного колебания.

Приложим к маховику крутящий момент  $M_{кр}$  и закрутим вал на угол  $\varphi_c$  (например,  $10^0$ ). Мгновенно устраним действие  $M_{кр}$ . Под действием момента сил упругости  $M_{уп}$  закрученный вал вернется в первоначальное положение. Далее, под действием момента сил инерции маховика  $M_{ин}$ , вал закрутится в противоположную сторону на угол  $\varphi_c$ . Предположим, что сопротивления колебаниям отсутствуют, а инерцией вала пренебрегаем. Тогда:

$$M_{ин} = M_{уп}, \dots -M_{ин} + M_{уп} = 0 \quad (1)$$

Предположим, что одно полное колебание произошло за 2 с.

Период колебания  $T$  равен 2 с. **Амплитуда** колебания равняется значению  $\varphi_c$  или максимальному углу поворота от своего нейтрального положения.

**Частотой колебаний** (кол/с) называют число колебаний за единицу времени

$$\mu = \frac{1}{T} \quad (2)$$

Таким образом, в нашем примере  $\mu = 0,5$  кол/с.

**Круговая частота** (рад/с)  $\omega_c$  – число полных колебаний, которые совершаются за 2π единиц времени.

$$\omega_n = 2 \cdot \pi \cdot \mu = \frac{2\pi}{T} \quad (3)$$

В нашем примере угловая скорость  $\omega_c = \pi = 3,14$  рад/с.

Из формулы (3) находим период  $T = \frac{2\pi}{\omega_n}$ .

При частоте вращения 1 об/с (за 1 с совершается оборот) система проходит  $360^0$ , или 6,28 радиан (2π рад). Один радиан приближенно равен  $57,3^0$ .

Момент касательных сил инерции  $M_{ин}$  определяется выражением

$$M_{ei} = -J_i \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad (4)$$

где  $\frac{d^2\varphi}{dt^2}$  – угловое ускорение маховика  $1/c^2$

$$\left( \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{d\omega}{dt} \right).$$

Момент упругости вала  $M_{уп}$ , согласно закону Гука, равен

$$\dot{M}_{ei} = \frac{G \cdot J_{\delta}}{L} \varphi \quad (5)$$

где  $G$  – модуль упругости материала при сдвиге (кручении), Н/м<sup>2</sup>;  $J_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$  – момент инерции сечения вала диаметром  $d$ , в м<sup>4</sup>;  $\varphi$  – угол закручивания вала при деформации;  $L$  – длина вала, в м.

Уравнение (5) можно представить в виде

$$M_{ei} = \tilde{N} \cdot \varphi \quad (6)$$

где  $\tilde{N} = \frac{G \cdot J_p}{L}$  – жесткость вала, представляющая собой крутящий момент, Н·м, необходимый для закручивания вала на  $1^0$ .

Используя выражение (1), запишем

$$J_i \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{G \cdot J_{\delta}}{L} \varphi = 0 \quad (7)$$

Разделим обе части выражения (7) на величину  $J_i$ , получим

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{G \cdot J_{\delta}}{L \cdot J_i} \varphi = 0 \quad (8)$$

Таким образом, мы получили линейное дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами [3, 4].

Введем обозначение

$$\omega_n = \sqrt{\frac{G \cdot J_{\delta}}{L \cdot J_i}} = \sqrt{\frac{\tilde{n}}{J_i}} \quad (9)$$

Окончательно получим

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \omega_n^2 \varphi = 0 \quad (10)$$

где  $\omega_c$  – круговая, циклическая частота собственных крутильных колебаний, 1/с.

Уравнение (10) является **дифференциальным уравнением** свободных колебаний вала с одной массой. Найдем его решение. Так как соответствующее характеристическое уравнение  $k^2 + \omega_c^2 = 0$  имеет два комплексных сопряженных корня  $\pm \omega_c i$ , следовательно, решение уравнения (10) будет иметь вид [4]

$$\varphi = e^{\omega_c t} (A \cdot \sin \omega_c t + B \cdot \cos \omega_c t) = A \cdot \sin \omega_c t + B \cdot \cos \omega_c t \quad (11)$$

Постоянные величины  $A$  и  $B$  находят из начальных условий.

Начало движения – момент максимального угла закручивания вала при  $t = 0$ ;  $\varphi = \varphi_c$ ;  $\frac{d\varphi}{dt} = 0$ .

Из уравнения (11) получим

$$\varphi_{t=0} = \varphi_c = A \cdot \sin 0 + B \cdot \cos 0 = B \Rightarrow B = \varphi_c .$$

Для нахождения коэффициента  $A$  воспользуемся вторым начальным условием, а именно  $\frac{d\varphi}{dt} = 0$ . Для этого найдем  $\frac{d\varphi}{dt}$  выражения (11) функции  $\varphi$ .

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi}{dt} &= (A \cdot \sin \omega_c t + B \cdot \cos \omega_c t)' = A \cdot \omega_c \cdot \cos \omega_c t + B \cdot \omega_c \cdot (-\sin \omega_c t) = \\ &= A \cdot \omega_c \cdot \cos \omega_c t - B \cdot \omega_c \cdot \sin \omega_c t . \end{aligned}$$

Тогда

$$\left( \frac{d\varphi}{dt} \right)_{t=0} = A \omega_c \cos 0 - B \omega_c \sin 0 = 0 \Rightarrow A = 0 .$$

Таким образом, подставив в выражение (11) значения  $A = 0$ ,  $B = \varphi_c$ , получим

$$\varphi = \varphi_c \cdot \cos \omega_c t . \quad (12)$$

Уравнение (12) выражает **гармоническое колебательное движение**, в котором  $\varphi_c$  является амплитудой или максимальным углом поворота маховика от своего нейтрального положения.

## 2. Вынужденные крутильные колебания вала с одной массой

Если к маховику приложить возмущающий момент  $M_B$ , изменяющийся по гармоническому закону

$$M_B = M_0 \cdot \cos \omega_B t , \quad (13)$$

где  $M_0$  – амплитуда гармонически возмущающего момента (зависит от значения крутящего момента двигателя);  $\omega_B$  – круговая частота возмущающего момента, то уравнение (7) примет вид

$$J_i \cdot \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{G \cdot J_\delta}{L} \varphi = \dot{I}_0 \cos \omega_A t , \quad (14)$$

или

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{G \cdot J_\delta}{L \cdot J_i} \varphi = \frac{\dot{I}_0}{J_i} \cos \omega_A t . \quad (15)$$

Учитывая содержание уравнения (10) и вводя обозначения  $q = \frac{M_0}{J_i}$ , получим уравнение

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \omega_n^2 \varphi - q \cos \omega_A t = 0 , \quad (16)$$

которое представляет собой **уравнение вынужденных колебаний вала с одной массой**.

Данное уравнение – неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами [4]. Перепишем его в виде  $\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \omega_n^2 \varphi = q \cos \omega_A t$  и найдем его решение, удовлетворяющее начальным условиям  $\varphi|_{t=0} = \varphi_c$ ;  $\frac{d\varphi}{dt} = 0$ .

Решение уравнения (16) находим в виде [4]:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 ,$$

где  $\varphi_1$  – решение соответствующего однородного уравнения (10);  $\varphi_2$  – частное решение неоднородного уравнения (16).

а. Значение  $\varphi_1$ , соответствующее начальным условиям  $\varphi|_{t=0} = \varphi_c$ ;  $\frac{d\varphi}{dt} = 0$ , найдено в предыдущем пункте [п. 1, формула (12)], следовательно,  $\varphi_1 = \varphi_c \cos \omega_c t$ .

б. Для нахождения частного решения неоднородного уравнения (16) определим  $\varphi_2$  [4].

Рассмотрим правую часть уравнения  $\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \omega_n^2 \varphi = q \cos \omega_A t$ , а именно, функцию  $f(t) = q \cdot \cos \omega_A t$ . Заметим, что корень  $\lambda = \pm \omega_B$  не является корнем характеристического уравнения  $k^2 + \omega_c^2 = 0$ , соответствующего однородному уравнению (10), следовательно,  $\varphi_2$  ищем в виде

$$\varphi_2 = \tilde{N} \cos \omega_B t + D \sin \omega_B t .$$

Для нахождения коэффициентов  $C$  и  $D$  воспользуемся методом «неопределенных коэффициентов». Для этого найдем  $\varphi_2'$  и подставим его и  $\varphi$  в исходное уравнение (16).

$$\varphi_2' = (\tilde{N} \cos \omega_B t + D \sin \omega_B t)' = -\tilde{N} \omega_B \sin \omega_B t + D \omega_B \cos \omega_B t ;$$

$$\varphi_2'' = (-\tilde{N} \omega_B \sin \omega_B t + D \omega_B \cos \omega_B t)' = -\tilde{N} \omega_B^2 \cos \omega_B t - D \omega_B^2 \sin \omega_B t .$$

При подстановке найденных выражений  $\varphi_2$  и  $\varphi_2''$  в уравнение (16), получим

$$-\tilde{N} \omega_B^2 \cos \omega_B t - D \omega_B^2 \sin \omega_B t + \omega_c^2 (\tilde{N} \cos \omega_B t + D \sin \omega_B t) - q \cos \omega_A t = 0 ;$$

$$-\tilde{N} \omega_B^2 \cos \omega_B t - D \omega_B^2 \sin \omega_B t + \tilde{N} \omega_c^2 \cos \omega_B t + D \omega_c^2 \sin \omega_B t = q \cos \omega_A t ;$$

$$\tilde{N} (\omega_c^2 - \omega_B^2) \cos \omega_B t + D (\omega_c^2 - \omega_B^2) \sin \omega_B t = q \cos \omega_A t .$$

Приравняв коэффициенты при  $\cos \omega_B t$  и  $\sin \omega_B t$  в левой и правой частях полученного равенства, составим и решим систему уравнений:

$$\begin{cases} \tilde{N}(\omega_c^2 - \omega_B^2) = q \\ D(\omega_c^2 - \omega_B^2) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C = \frac{q}{\omega_c^2 - \omega_B^2}, \\ D = 0. \end{cases}$$

При решении системы мы воспользовались тем, что выражение  $\omega_c^2 - \omega_B^2 \neq 0$ .

Таким образом, мы получим

$$\varphi_2 = \tilde{N} \cos \omega_B t + D \sin \omega_B t = \frac{q}{\omega_c^2 - \omega_B^2} \cdot \cos \omega_B t.$$

Пусть  $\varphi_A = \frac{q}{\omega_c^2 - \omega_A^2}$ , тогда  $\varphi_2 = \varphi_A \cos \omega_A t$ .

Следовательно, решение уравнения (16), удовлетворяющее начальным условиям

$\varphi|_{t=0} = \varphi_c; \frac{d\varphi}{dt} = 0$  имеет вид

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = \varphi_c \cos \omega_c t + \varphi_A \cos \omega_A t, \quad (17)$$

где  $\varphi_A = \frac{q}{\omega_c^2 - \omega_A^2}$ .

Угол  $\varphi_B$  является амплитудой вынужденных колебаний.

При  $\omega_n = \omega_A = \sqrt{\frac{c}{J_i}}$ , где  $\tilde{n} = \frac{G \cdot J_\delta}{L}$  – частота

собственных колебаний, равная частоте вынужденных, амплитуда колебаний достигает **бесконечности**

$$\varphi_A = \infty. \quad (18)$$

Данное явление называется **резонансом** и приводит к резкому повышению деформации кручения и возможным поломкам коленчатого вала.

#### Заключение

Таким образом, крутильные колебания коленчатого вала были оценены с использованием дифференциального исчисления. Что в свою очередь говорит о важности математических методов при решении технических задач. Общая схема расчета коленчатого вала на крутильные колебания включает в себя [5]:

1. Приведение крутильной системы вала.
2. Определение частоты собственных крутильных колебаний приведенной системы.
3. Определение резонансной критической частоты вращения.
4. Выработку рекомендаций, устраняющих крутильные колебания.

Использование подобных задач и примеров в процессе обучения студентов технических специальностей вузов, дает представление о возможностях применения аппарата математики при проведении исследований в области профессиональных интересов студентов, а также способствует воспитанию интереса к математике.

#### Библиографический список

1. Двигатели внутреннего сгорания: в 3 кн. Кн. 2. Динамика и конструирование: учебник для вузов / В. Н. Луканин и др.; под ред. В. Н. Луканина и М. Г. Шатрова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая шк., 2005. – 400 с.
2. Попык К. Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей / К. Г. Попык. – М.: Высшая школа, 1972. – 327 с.
3. Письменный Д. Т. Конспект лекций по высшей математике: полный курс / Д. Т. Письменный. – М.: Айрис-пресс, 2007. – 608 с.
4. Жарова Н. Р. Обыкновенные дифференциальные уравнения / Н. Р. Жарова, А. М. Завьялов, Л. Г. Кузнецова. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2002. – 164 с.
5. Расчет систем и механизмов двигателей внутреннего сгорания математическими методами: учебное пособие / Ю. П. Макушев, Т. А. Полякова, Л. Ю. Михайлова, А. В. Филатов; под ред. Ю. П. Макушева. – Омск: СибАДИ, 2011. – 284 с.

#### THE SOLUTION OF DIFFERENTIAL EQUATIONS OF FREE AND FORCED TORSIONAL VIBRATIONS OF A SHAFT WITH A SINGLE MASS

T. A. Polyakova

It is considered the processes of free and forced torsional vibrations of the shaft with a single mass and given the basic definitions. It is manufactured output differential equations of free and forced torsional vibrations of the shaft with a given mass and their solution.

*Полякова Татьяна Анатольевна - канд. пед. наук, доцент кафедры «Высшая математика» ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)». Основные направления научных исследований – методика преподавания математики в школе и в вузе; методические аспекты преподавания теории вероятностей и математической статистики посредством реализации прикладной направленности. Имеет 20 опубликованных работ. E-mail: ta\_polyakova@mail.ru*

УДК 004.94: 621.311

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ГАРАНТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Л. Г. Рогулина

**Аннотация.** *Разработан алгоритм автоматизированного проектирования систем гарантированного электроснабжения переменного тока для предприятий связи, учитывающий согласование совместной работы резервной электростанции и источника бесперебойного питания. Разработаны имитационные модели системы для переходных режимов при коммутациях на входе и со стороны нагрузки, позволяющие проводить оценку уровней кондуктивных помех. Приведены результаты практической реализации САПР системы электроснабжения для радиорелейных линий связи.*

**Ключевые слова:** *автоматизированное проектирование, гарантированное электроснабжение, имитационная модель.*

### Введение

При проектировании систем гарантированного электроснабжения (СГЭ) возникает проблема выбора мощности резервной двигатель-генераторной электростанции (ДГУ), работающей совместно с источником бесперебойного питания (ИБП). Согласно требованиям стандарта [1] к характеристикам электрической сети предельно допустимое отклонение напряжения не должно превышать 10 %; коэффициент гармоник сигнала – 8 %. На качество электрической энергии неблагоприятно влияют такие факторы как коммутации в нагрузке, пусковой режим ДГУ и мощных ИБП, имеющих нелинейный характер нагрузки (встроенные импульсные источники питания, механическая нагрузка с регуляторами скорости вращения приводов и др.). Коммутации нагрузки приводят к значительным изменениям выходного напряжения и частоты ДГУ. При выходе параметров напряжения и частоты ДГУ за допустимые пределы ИБП, происходит переключение нагрузок на питание от аккумуляторной батареи. Ситуация рассматривается как исчезновение напряжения и ДГУ оказывается в режиме «холостого хода». При

этом СГЭ попадает в режим «автоколебаний» [2]. Для борьбы с этим явлением необходимо обеспечивать согласование совместной работы ДГУ и ИБП уже на этапах проектирования. Имитационное моделирование электромагнитных процессов в СГЭ на этапах проектирования позволит подобрать мощность ДГУ, оценить степень создаваемых искажений входного тока, что снизит вероятность возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации, обеспечит устойчивую совместную работу ИБП и ДГУ, а создание САПР - уменьшить временные затраты на проектирование.

### Алгоритм автоматизированного проектирования СГЭ

Схема алгоритма проектирования СГЭ показана на рисунке 1. Входными данными являются параметры нагрузки (мощности и типы нагрузок), требования к электрическим параметрам сети [1]. Предварительный расчет и выбор типового оборудования проводится согласно методике [2] и включает расчет количества параллельных ДГУ (и ИБП) с указанием мощностей и значений коэффициента мощности ( $\cos\phi$ ).

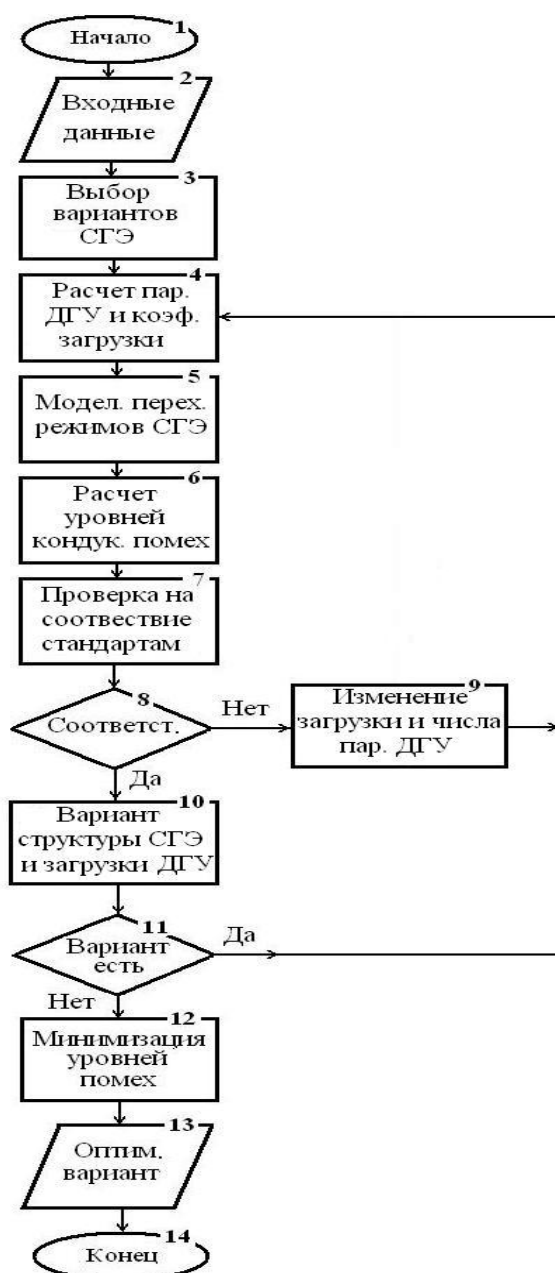


Рис. 1. Алгоритм автоматизированного проектирования СГЭ

С целью проведения анализа работы системы гарантированного электроснабжения в переходных и нестационарных режимах, создана интерактивная модель в среде Simulink (рисунок 2). Параметры ДГУ задаются в блоке задания параметров синхронной машины (Simplified Synchronous Machine SI Units), которые включают: номинальную мощность  $P_n$ , ВА, действующее линейное напряжение  $U_n$ , В и номинальную частоту  $f_n$ , Гц. Модель ИБП включает последовательное соединение

трёхфазного коммутатора переменного тока (3-Phase Breaker) и комплексной нагрузки (3-Phase Parallel RLC Branch). Конфигурация ИБП (12-пульсный управляемый выпрямитель с импульсным регулированием) определяет характер нагрузки [3] и задаваемые параметры названных блоков. Результаты расчета переходных характеристик в аварийном режиме работы СГЭ при запуске и останове ДГУ можно проследить для каждого из отобранных вариантов. После завершения про-



цесса расчета исследуемой модели сигнал потребляемого тока (Out 1) и напряжения (Out 3) вводится в рабочую область MATLAB, где с помощью быстрого преобразования Фурье проводится спектральный анализ потребляемого тока и оценка уровней кондуктивных помех. Если требования к пороговым значениям

уровней помех не удовлетворены, выполняется корректировка количества и степени загрузки параллельных ДГУ и процесс моделирования повторяется (рисунок 1). Из всех отобранных удовлетворительных вариантов выбирается оптимальное решение с минимальным уровнем помех.

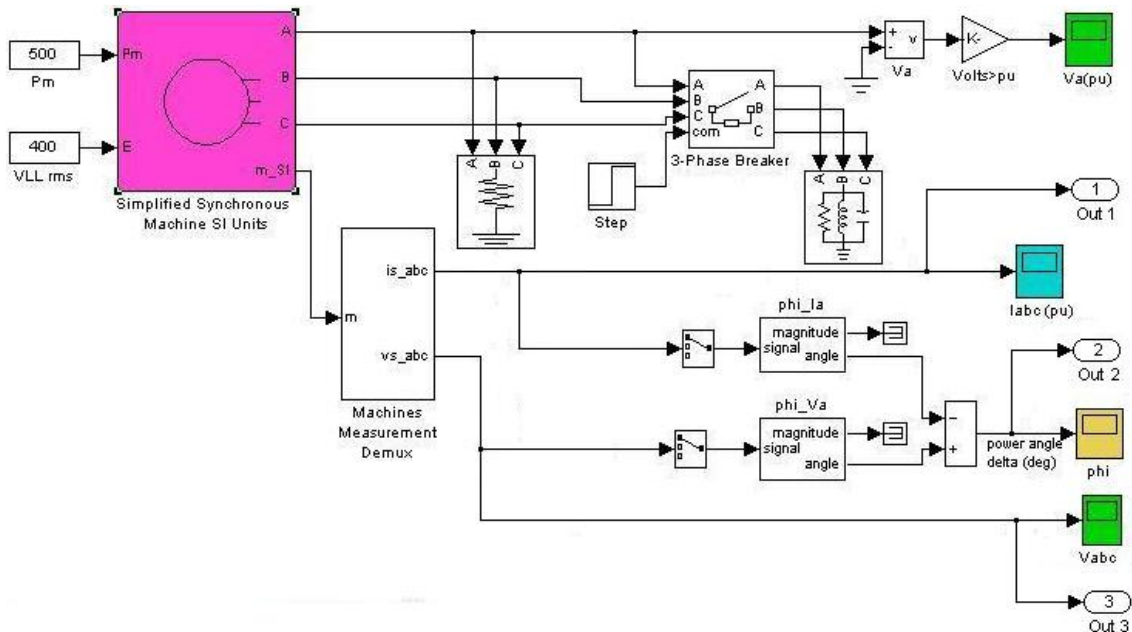


Рис. 2. Модель системы гарантированного электроснабжения в аварийном режиме работы

### Результаты практической реализации САПР

С целью проверки разработанной САПР проведён расчет СГЭ (мощностью 8кВА) для питания радиорелейных линий связи. Расчёт переходных характеристик аварийного режима работы вариантов СГЭ проведён при варьировании соотношения мощностей ДГУ ( $S_{ДГУ}$ ) и ИБП ( $S_{ИБП}$ ), а также характера нагруз-

ки на модели рисунка 1. На рисунке 3 приведены результаты исследований переходного процесса – временные зависимости токов (в Амперах) в фазах А, В, С при соотношении  $S_{ДГУ} = 1,8S_{ИБП}$ , где видна “огibaющая” токов и время установления переходного процесса (сек), а также несимметрия токов фаз при коммутации нагрузки.

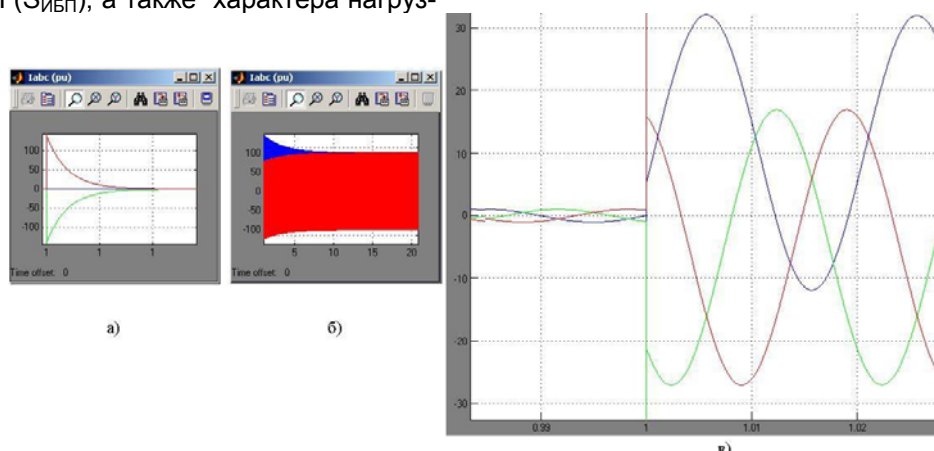


Рис. 3. Временные зависимости токов в фазах А, В, С: “огibaющая” (а); время установления (б); мгновенные значения (в)

Исследования переходных режимов СГЭ при пуске ДГУ показали, что на уровень кондуктивных помех и время установления переходных процессов влияет характер нагрузки (конфигурация ИБП), соотношение мощностей и число параллельных ДГУ. Наилучшие результаты были получены при коэффициенте мощности нагрузки  $\cos\varphi=0,88$ . На основании оценки устойчивости СГЭ в переходных режимах проведена оптимизация и выбрана структура СГЭ. В таблицах 1, 2 представлены

показатели качества электрической энергии наилучших вариантов, где  $\delta U_1$  – установившееся отклонение входного напряжения,  $K_{U1}$  – коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения,  $K_{\theta U1}$  – коэффициент несимметрии напряжения,  $K_{\text{ПЕР}U1}$  – коэффициент временного перенапряжения,  $\nu$  – коэффициент нелинейности входного тока и  $I_{\text{ИМП}}$  – величина импульса тока при длительности импульса 1с.

Таблица 1 – Результаты оценки качества электрической энергии при изменении соотношения мощностей  $S_{\text{ДГУ}}/S_{\text{ИБП}}$

Отношение мощностей $S_{\text{ДГУ}}/S_{\text{ИБП}}$	Параметры					
	$\delta U_1, \%$	$K_{U1}, \%$	$K_{\theta U1}, \%$	$K_{\text{ПЕР}U1}, \text{от. ед.}$	$\nu, \%$	$I_{\text{ИМП}}, \%$ при интервале 1 с.
Нормируемые отклонения	$\pm 10$	12	4	1,47	8,0	20
1,8	$\pm 9,2$	11	3,1	1,4	6,5	18,0
1,7	$\pm 9,6$	11,6	3,8	1,46	6,9	18,3
1,5	$\pm 9,8$	11,9	4,0	1,45	7,2	19,9

Таблица 2 – Результаты оценки качества электрической энергии при изменении мощности ИБП

Входные параметры					
Активная мощность, $P_{\text{ИБП}}, \text{кВт}$	Реактивная мощность		Коеф. мощн. $\cos\varphi$	“Наброс” нагрузки, $\Delta I$ , в отн. ед	Время установления, $t_{\text{уст}}, \text{с}$
	индуктивного характера, $Q_{\text{ИБП}}, \text{кВАр}$	емкостного характера, $Q_{\text{ИБП}}, \text{кВАр}$			
2	7,75	0	0,54	1,875	2,9
5,67	5,67	0	0,67	1,73	1,8
3,58	7,16	0	0,88	1,51	0,9
7,75	0	2	0,97	1,1	0,02
3,5	4,2	3	0,9	1,17	0,7

По результатам компьютерных расчетов, в соответствие с алгоритмом рисунка 1, получена оптимальная структура СГЭ (рисунок 4), в состав которой входят: две параллельных ДГУ типа SH-X мощностью по 4,8 кВт каждый, аккумуляторные батареи технологии AGM ёмкостью 3000А·ч; выпрямительные устройства

серии NTX (три стойки по 10 модулей в каждой), инвертор напряжения – одна основная стойка и одна резервная типа DSI-48-3000 (производитель ELTECO). На рисунке 4 обозначено: АВР – автоматический ввод резерва, ШВР – шкаф вводно- распределительный.

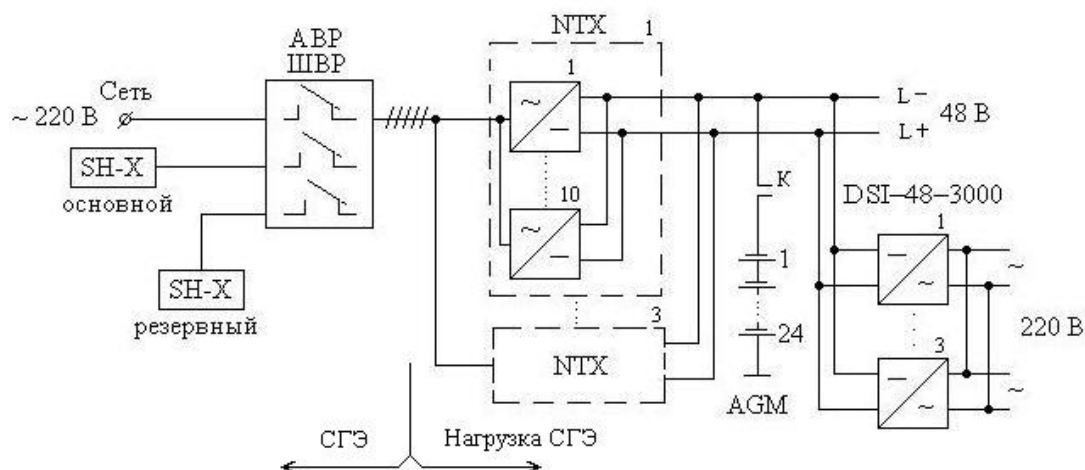


Рис. 4. Оптимальная структура СГЭ

В результате оптимизации установившееся отклонение напряжения в цепи переменного тока равно 9,2 %; коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения не более 6,5 %; коэффициент временного перенапряжения 1,4. Таким образом, расчёт закончен, все показатели удовлетворяют заданным требованиям и задача оптимизации успешно решена.

#### Выводы

Разработанный алгоритм автоматизированного проектирования и его программная реализация в среде MATLAB отвечает современным требованиям к качеству выполнения проектов систем гарантированного электроснабжения и сокращает сроки проектирования. Варьирование количеством параллельных двигатель-генераторных электростанций и степенью их загрузки на интервале запуска, а также конфигурациями источников бесперебойного питания, определяющих характер нагрузки позволяет минимизировать уровни кондуктивных помех со стороны системы гарантированного электроснабжения, а учет длительности этих помех и интервалов протекания переходного процесса исключит возможность возникновения аварийных ситуаций. Предложенная в работе САПР соответствуют современной тенденции развития программных средств по автоматизации проектирования сложных систем и направлена на повышение помехоустойчивости систем гарантированного электроснабжения.

#### Библиографический список

- ГОСТ Р 54149 — 2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст]. — М.: Стандартинформ, 2010. — 36 с.
- Воробьев А. Ю. Электроснабжение компьютерных и телекоммуникационных систем: издание для специалистов. / А. Ю. Воробьев. — М.: Экотрендз, 2003. — 280 с.
- Кузьмина О. А. Влияние архитектуры мощного ИБП на выбор автономного генератора [Текст]: научное издание / О.А. Кузьмина // Технологии и средства связи. — 2007. — №4. — С. 98–100.

#### COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEMS, GUARANTEED

L.G. Rogulina

An algorithm for automated design of uninterruptible power supply AC power to the enterprises of communication, negotiation takes into account the joint operation of the standby power and UPS. Developed simulation models of the system for transients when switching the input and the load side, allowing to assess the levels of conducted interference. The results of the practical implementation of CAD systems for power microwave links.

*Роголина Лариса Геннадьевна - кандидат технических наук, доцент кафедры БИСС СибГУТИ. Основные направления научной деятельности: Источники вторичного электропитания, автоматизация проектирования систем электропитания. Общее количество опубликованных работ: 51 .e - mail: epus206@sibsutis.ru*

УДК 629.084

## ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМИРОВАНИЯ УПРУГО-ВЯЗКОЙ СРЕДЫ ПРИ УДАРНОМ НАГРУЖЕНИИ

С. В. Савельев, В. В. Михеев

**Аннотация.** *Статья посвящена исследованиям напряжённо-деформируемого состояния упруго-вязкой среды при приложении внешней ударной нагрузки - трамбовании. Рассматривается уплотняемый грунт, представленный как упруго-вязкая среда. Исследования позволяют оценить его состояние в процессе деформирования, повысить эффективность процесса уплотнения такой среды, выбрать рациональные режимы протекания данного процесса с точки зрения уменьшения энергозатрат.*

**Ключевые слова:** *Деформация, трамбование, реология, исследования энергоэффективность.*

### Введение

Необходимость исследования поведения напряжённо-деформированного состояния различных сред при внешнем нагружении является важной и актуальной задачей для многих прикладных областей науки. Изучение закономерностей изменения состояния деформируемого материала, позволяет «правильно» назначать параметры приложения внешних нагрузок и эффективным образом добиваться требуемых результатов при минимальных затратах энергии и времени.

Одним из практических примеров использования внешней нагрузки для достижения необходимой прочности материала за счёт накопления остаточных деформаций, является его уплотнение. В частности, уплотнение это самый распространённый способ придания необходимой прочности дорожно-строительным материалам, при устройстве земляного полотна, основания и одежд автомобильных дорог, так же при устройстве других инженерных сооружений. Ударные нагрузки на материал используются при применении метода трамбования, когда на уплотняемую среду периодически сбрасывается груз определённой массы или при уплотнении вибрационными дорожными катками, когда вынуждающая сила вибровозбудителя превышает критическое отношение к массе рабочего органа. В этом случае валец периодически отрывается от уплотняемой поверхности, такой режим называют вибротрамбованием.

Таким образом, трамбование характеризуется малой продолжительностью воздействия напряжений и значительной глубиной распространения напряжённо-деформированного состояния. Согласно данным классических работ, трамбуемые машины способны уплотнять материалы слоями больших толщин [1].

Исследования изменения напряжённо-деформированного состояния в подобных случаях не возможно без применения математического аппарата и математического моделирования протекания процессов деформирования среды.

Математический аппарат, использующийся при изучении любых процессов в рамках моделирования, как правило, предполагает определённые упрощения, применение которых незначительно отражается на точности итоговых результатов, затрагивая второстепенные факторы, незначительно влияющие на явления, рассматриваемые в задаче.

Необходимо задаваться реологическими характеристиками деформируемой среды. Уплотняемый грунт под воздействием внешних нагрузок обладает упруго-вязкопластичными свойствами. Однако при исследовании напряжённо-деформированного состояния ограниченного отрезком времени контакта уплотнителя со средой пластическая составляющая сопротивления материала деформированию может рассматриваться как составляющая вязкого сопротивления, что упрощает реологическую модель материала до вида упруго-вязкой среды. Данный подход без существенного изменения точности итоговых результатов позволяет проводить исследование процесса деформирования среды при воздействии внешних динамических нагрузок.

В настоящей работе предлагается исследовать процесс динамического уплотнения грунта, как упруго-вязкой среды, с учётом следующих допущений:

- рабочий орган абсолютно жёсткий;
- трамбуемая поверхность – плоская;
- площадь контакта - постоянная величина.

**Описание задачи**

Исследование напряжённо-деформируемого состояния упруго-вязкой среды при уплотнении трамбованием является актуальной задачей, которую можно решить рассмотрев взаимодействие внешней нагрузки с условным упруго-вязким объёмом, контактная поверхность которого равновелика площади трамбуемого рабочего органа (рис.1).

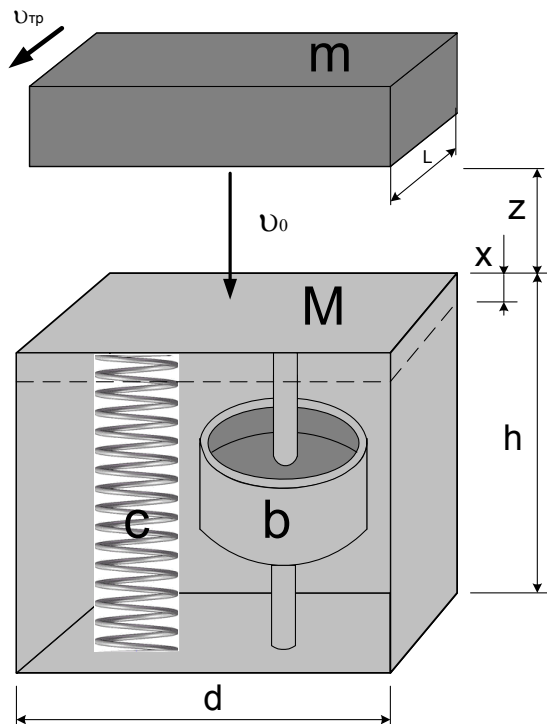


Рис. 1. Деформируемый грунт при воздействии ударной нагрузки

Для одного цикла ударного воздействия на грунт, грунт рассматриваем под пятном контакта, как присоединенную массу (по отношению к массе РО) и элементарного объёма жёсткости  $c$ , которая характеризует упругие свойства грунта и вязкости  $b$ , которая отвечает за сопротивление быстрому деформированию.

**Метод решения**

Груз, сбрасываемый на деформируемый объём грунта, имеющий скорость  $v_0$  в момент касания грунта, обладает определённой кинетической энергией  $E_k = \frac{mv_0^2}{2}$ , при контакте с обрабатываемой средой эта энергия тратится на деформацию среды расходуясь на преодоление сопротивления упруго-вязких сил среды.

Здесь:

$c = \frac{ES}{h}$  – жёсткость деформируемого объёма грунта;

$b = \frac{\eta S}{h}$  – коэффициент вязкого сопротивления грунта деформированию;  $x$  – деформация грунта;  $F$  – суммарная сила сопротивления упруго-вязких сил грунта деформированию;  $v_0$  – скорость сбрасываемого груза массой  $m$  ( $v_0$  – параметр уплотнителя);  $M$  – масса деформируемого объёма грунта;  $V_0$  – скорость деформирования грунта.

$$F = cx + b \dot{x} \tag{1}$$

Работу упруго-вязких сил деформируемой среды запишем в виде:

$$A(x) = \int_0^{\Delta x} F dx = \frac{cx^2}{2} + \int_0^{\Delta x} b \dot{x} dx \tag{2}$$

Составляющую работы сил вязкого сопротивления можно выразить через усреднённую первую производную перемещения используя интегральную теорему о среднем значении

$$\int_0^{\Delta x} \dot{x} dx = \Delta x \cdot \bar{\dot{x}} \tag{3}$$

Таким образом, полагая движение трамбуемого рабочего органа после встречи с грунтом равноускоренным, имеем

$$\bar{\dot{x}} = \frac{V_0}{2}, \text{ где } V_0 \text{ – скорость движения системы}$$

«грунт-рабочий орган трамбовки», которую определим из закона сохранения импульса и условия абсолютной «неупругости» удара трамбовки о грунт  $mv_0 = (m + M)V_0$ ,

так что

$$V_0 = \frac{m}{(m + M)} \cdot v_0 \tag{4}$$

Отсюда определится работа упруго-вязких сил деформируемой среды из закона сохранения импульса

$$A = \frac{c(\Delta x)^2}{2} + b \frac{V_0}{2} \Delta x \tag{5}$$

Запишем уравнение суммы энергий прикладываемой к рассматриваемому объёму. Работа кинетической энергии равна работе, затраченной на деформацию среды, так что

$$\frac{mv_0^2}{2} + mg\Delta x + \frac{Mg\Delta x}{2} = \frac{c(\Delta x)^2}{2} + b \frac{V_0}{2} \Delta x \tag{6}$$

Окончательное алгебраическое уравнение для определения деформации выглядит следующим образом:

$$\frac{c(\Delta x)^2}{2} + (b\frac{V_0}{2} - (m + \frac{M}{2})g)\Delta x - \frac{mv_0^2}{2} = 0 \quad (7)$$

Его решение - деформация  $x$  после каждого цикла трамбования

$$\Delta x(b, c) = \frac{-(b\frac{V_0}{2} - (m + \frac{M}{2})g) + \sqrt{(b\frac{V_0}{2} - (m + \frac{M}{2})g)^2 + cv_0^2}}{c} \quad (7)$$

Будем считать для каждого цикла трамбования вязкость и упругость постоянными, тогда  $\Delta x_i = \Delta x_i(c_{i-1}, b_{i-1})$ , то есть деформация на последующем шаге есть функция от значений вязкости и упругости, принятых ими для предыдущего цикла

$$c_{i-1} = \frac{ES}{h_{i-1}}, b_{i-1} = \frac{\eta S}{h_{i-1}},$$

где

$$h_{i-1} = h_0 - \sum_{k=1}^{i-1} \Delta x_k \quad (8)$$

Необходимая продолжительность процесса трамбования определится из граничных условий для достижения необходимой плотности материала согласно требованиям проектной и нормативной документации.

Граничные условия процесса деформирования среды:

$$\frac{\rho_0}{\rho_{\text{конеч}}} = \frac{h_0 - \Delta x}{h_0} \quad (9)$$

где  $\rho_0$  – начальная плотность деформируемой среды  $\text{кг/м}^3$ ;  $\rho_{\text{конеч}}$  – конечная (нормативная) плотность среды.

Исходя из выражения для величины полной деформации (8) и учитывая граничные условия процесса уплотнения среды (9), определится необходимое количество циклов приложения нагрузки  $n$  для достижения конечного значения плотности деформируемой среды  $\rho_{\text{конеч}}$ .

С учётом работ Хархуты Н. Я., Калужского Я. А., Пермякова В. Б. и др. [2, 3, 4] для достижения максимально возможного приращеня плотности упруго-вязких материалов целесообразно выдерживать определённую продолжительность напряженного состояния среды, определим время  $t$  для достижения необходимой плотности, с учётом заданной частоты колебаний вибровозбудителя.

$$t = \frac{n}{f} \quad (10)$$

Таким образом, зная необходимое время и частоту приложения циклической нагрузки, имеем возможность определить рациональную поступательную скорость перемещения

уплотнителя  $v_k$ , поскольку в реальных условиях в качестве уплотняемой среды рассматриваются слои различных материалов определённой толщины и длины по которым перемещается уплотнитель:

$$v_k = \frac{L}{t} \quad (11)$$

где  $t$  - время взаимодействия уплотнителя с опорным основанием до достижения требуемого условия уплотнения (9),  $c$ ;  $L$  - длина рабочего органа,  $m$ ;  $v_k$  - поступательная скорость машины,  $m/c$ .

Подобный подход был использован авторами в предыдущих работах, результаты расчётов, проведенных в которых, удовлетворяли требованиям СНиПов и др. нормативной документации по уплотнению грунтов при проведении строительных работ.

Была осуществлена проверка предлагаемой модели в рамках численного эксперимента со следующими значениями параметров: толщина грунта  $h_0=0,8$  м; начальная плотность грунта  $\rho_0=1700$   $\text{кг/м}^3$ ; конечная плотность грунта  $\rho_{\text{конеч}}=2150$   $\text{кг/м}^3$ ; площадь рабочего органа  $S=1,5$   $\text{м}^2$ ; длина рабочего органа  $L=1$  м; вязкость  $\eta=10^6$   $\text{Нс/м}$ ; модуль деформации,  $E=10^7$   $\text{Па}$ ; масса грунта  $M=2040$   $\text{кг}$ ; масса рабочего органа трамбуемой машины  $m=200$   $\text{кг}$ ; скорость рабочего органа трамбуемой машины  $v_0=7,5$   $\text{м/с}$ ; количество циклов трамбования – 90 раз в минуту.

В результате численного эксперимента было получено значение  $n=22$  для количества циклов приложения нагрузки, необходимых для достижения заявленного коэффициента уплотнения, что соответствует значению поступательной скорости передвижения дорожной машины.  $v_k=0,491$   $\text{км/ч}$ .

В целом можно отметить, что рациональное регулирование параметров уплотнителя в зависимости от изменяющейся прочности и, как следствие, реологии уплотняемого материала позволяет значительно повысить энергоэффективность протекания процесса его обработки при упруго-вязком деформировании. Как видно из исследований здесь необходимо ориентироваться, не только на технологические факторы: толщина, ширина слоя и его «начальные свойства», но и на их изменение в процессе уплотнения. Прежде всего, это модуль деформации материала, его вязкость и жёсткость, которые интенсивно меняются в процессе трамбования. Ход этого изменения сложно проследить, не рассматривая микроскопического строения грунта, но имеется

возможность сделать правдоподобные предположения в рамках моделирования поведения свойств грунта, основанные на стандартных приближениях. Именно такой подход даёт возможность получения энергоэффективных технологий обработки материалов при динамическом уплотнении.

### **Заключение**

Предложена модель взаимодействия упруго-вязкой среды с рабочим органом трамбователя дорожной машины. В рамках этой модели проведены исследования напряжённо-деформируемого состояния упруго-вязкой среды при приложении ударной нагрузки. При рассмотрении примера применения модели в качестве обрабатываемой среды рассматривался суглинистый грунт.

Произведена оценка изменения напряжённо-деформируемого состояния материала в процессе уплотнения, обоснованы рациональные режимы уплотнения, которые хорошо соотносятся с рекомендуемыми в строительстве нормативами. Применение результатов исследований позволяет повысить эффективность уплотнения грунтов трамбующими машинами, также данный подход, в случае необходимости, может быть использован для обоснования режимов вибротрамбования дорожными катками. Кроме этого, предложенная модель, несмотря на простоту, продемонстрировала возможность с ее помощью получать реалистичные результаты и может служить в качестве первого приближения для построения более исчерпывающих моделей, учитывающих изменения параметров уплотняемого грунта непосредственно в процессе деформации.

### **Библиографический список**

1. Жиркович С. В.– Уплотняющие машины в строительстве и производстве строительных изделий/ С. В. Жиркович, Н. И. Наумец// Теория и расчёты основных параметров: В 3ч. Ч. 3. – Куйбышев, 1962. – 444 с..

2. Хархута Н. Я. Машины для уплотнения грунтов/ Н. Я. Хархута. - Л.: Машиностроение, 1973, – 176 с.

3. Савельев С. В. Уплотнение грунтов катками с адаптивными рабочими органами: монография. – Омск: СибАДИ, 2010. – 122 с.

4. Пермяков В. Б. Совершенствование теории, методов расчёта и конструкций машин для уплотнения асфальтобетонных смесей: Дисс. доктора техн. наук/ В. Б. Пермяков; Сибирский автомоб.-дорож. ин-т. – Омск, 1990. – 485 с.

### **RESEARCH DEFORMATION OF ELASTIC – VISCOUS MEDIUM UNDER IMPACT LOADING**

S. V. Saveliev, V. V. Mikheev

The article is devoted to the study of the stress-strain state of elastic-viscous medium upon application of an external shock - ramming. We consider a sealing primer, represented as an elastic-viscous medium. Studies provide an assessment of its condition in the deformation process, improve the efficiency of the sealing of such an environment, choose a rational modes of occurrence of this process in terms of reducing energy consumption.

*Савельев Сергей Валерьевич - Кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВПО «СибАДИ», каф. «ЭСМиК», ЦДО. Основные направления научной деятельности: Повышение эффективности уплотнения дорожно-строительных материалов, Развитие теории интенсификации уплотнения упруго-вязких сред. Общее количество опубликованных работ: 44. e-mail: saveliev\_sergval@mail.ru*

*Михеев Виталий Викторович - кандидат физико-математических наук, доцент, доцент ФГБОУ ВПО «ОмГТУ», каф. «КЗИ». Основные направления научной деятельности: Интегрирование дифференциальных уравнений теоретической физики, Квантовая статистическая механика, Теория групп и алгебр Ли. Общее количество опубликованных работ: 20. e-mail: vvm125@mail.ru.*

УДК 629.78

## ПОСТРОЕНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОТКАЗОВ В ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С УЧЕТОМ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ<sup>1</sup>

Л. Б. Спектор, С. Н. Чуканов

**Аннотация.** Рассмотрен метод построения наблюдателя Луенбергера для обнаружения неисправностей в системах управления динамическими объектами с учетом выполнения законов сохранения. Предполагается, что лагранжиан или гамильтониан системы инвариантен по отношению к группе преобразований вектора состояний системы.

**Ключевые слова:** наблюдатель Луенбергера, driftless наблюдатель, обнаружение неисправностей, система управления; закон сохранения.

### Введение

Диагностика неисправностей на основе оценивания рассогласования результатов измерений и соответствующих оценок, полученных наблюдателями Луенбергера (D.G.Luenberger), является в настоящее время одним из основных алгоритмов [1,2]. Для линейной системы управления динамическим объектом:

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u}; \\ \mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x}; \end{cases} \quad (1)$$

где  $\mathbf{x} \in \mathbf{R}^n$  – вектор состояния системы;  $\mathbf{u} \in \mathbf{R}^m$  – вектор управляющих сигналов системы;  $\mathbf{y} \in \mathbf{R}^k$  – вектор показаний приборного состава системы,  $\mathbf{A} \in \mathbf{R}^{n \times n}$ ,  $\mathbf{B} \in \mathbf{R}^{n \times m}$ ,  $\mathbf{C} \in \mathbf{R}^{k \times n}$ . Структура наблюдателя вектора состояния имеет вид [4]:

$$\dot{\tilde{\mathbf{x}}} = \mathbf{A}\tilde{\mathbf{x}} + \mathbf{B}\mathbf{u} + \mathbf{L}(\mathbf{y} - \mathbf{C}\tilde{\mathbf{x}}), \quad (2)$$

где матрица  $\mathbf{L}$  выбирается с учетом обеспечения сходимости процесса оценивания.

С целью повышения качества диагностики неисправностей необходимо увеличивать размерность пространства признаков рассогласований ( $\mathbf{y} - \mathbf{C}\tilde{\mathbf{x}}$ ). Одним из путей повышения размерности пространства признаков рассогласований является использование при оценивании наблюдателями информации аналитической избыточности информации с приборного состава, в том числе информации о сохраняющихся величинах, присущих данной динамической системе.

В случае наличия функции от вектора состояния динамической системы – инварианта от времени  $I(\mathbf{x}) = \text{const}$ :  $\dot{I} = (\partial I / \partial \mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}) = 0$ ; на-

блюдатель для этой функции  $I$  может быть построен в виде:  $\dot{I} = K_I \cdot (I - \tilde{I})$ , то есть наблюдатель для  $I$  является driftless наблюдателем. Решение уравнения наблюдателя относительно  $\tilde{I}$  при отсутствии ошибок измерений:  $I - \tilde{I}(t) = (I - \tilde{I}(0))e^{-K_I t}$ ; не зависит от матрицы  $\mathbf{A}$  системы.

Для нахождения инвариантов можно сформировать такое преобразование координат  $\mathbf{z} = \mathbf{T}(\mathbf{x})$ , что  $(\partial \mathbf{T} / \partial \mathbf{x})\mathbf{A} = 0$  и при  $\mathbf{u} = 0$  получим [5]:  $\dot{\mathbf{z}} = (\partial \mathbf{T} / \partial \mathbf{x})\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} = 0$ .

### Постановка задачи

В настоящей работе рассматриваются методы построения инвариантов на основе учета законов сохранения динамической системы.

Если для динамической системы можно построить функцию Лагранжа, то для нахождения сохраняющихся величин можно использовать теорему Нетер, в соответствии с которой для лагранжиана  $L(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}})$  инвариантного по отношению к преобразованию  $\mathbf{q} \rightarrow \Phi(\mathbf{q}, s)$  существует интеграл [3]:

$$I = \left\langle \frac{\partial L}{\partial \dot{\mathbf{q}}}(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}), \frac{\partial \Phi(\mathbf{q}, s)}{\partial s} \Big|_{s=0} \right\rangle = \sum_i \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \Phi'_s(q_i, s); \quad (3)$$

$$j = 0.$$

Рассмотрим, например, динамическую систему, описываемую функцией Лагранжа с координатами  $(q_1, q_2)$ :  $L = m/2(\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2) - k/2 q_2^2$ . Лагранжиан инвариантен к преобразованию  $\Phi: (q_1, q_2) \rightarrow (q_1 + s, q_2)$ , то есть:  $\Phi'_s = (1 \ 0)$ ;



$\frac{\partial L}{\partial \dot{\mathbf{q}}} = \begin{pmatrix} m\dot{q}_1 \\ m\dot{q}_2 \end{pmatrix}$ ; откуда получим закон сохранения:

ние:  $\left\langle \frac{\partial L}{\partial \dot{\mathbf{q}}}, \Phi'_s \right\rangle = \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_1} = m\dot{q}_1 = const$ ; поэтому для этой системы можно построить наблюдатель для сохраняющейся скорости  $\dot{q}_1: \dot{I} = K_I \cdot (\dot{q}_1 - \tilde{I})$ .

Если функция Лагранжа имеет вид:  $L = \frac{m}{2}(\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2) - \frac{k}{2}(q_1^2 + q_2^2)$ , то система инвариантна к преобразованию

$$\Phi: (q_1, q_2) \rightarrow (\cos(s) \cdot q_1 - \sin(s) \cdot q_2, \cos(s) \cdot q_2 + \sin(s) \cdot q_1).$$

или, при  $s \rightarrow 0$ :

$\Phi: (q_1, q_2) \rightarrow (q_1 - s \cdot q_2, q_2 + s \cdot q_1)$ ; откуда получим интеграл:

$$\left\langle \frac{\partial L}{\partial \dot{\mathbf{q}}}, \Phi'_s \right\rangle = \left\langle \begin{pmatrix} m\dot{q}_1 \\ m\dot{q}_2 \end{pmatrix}, (-q_2 \quad q_1) \right\rangle = m(\dot{q}_2 q_1 - \dot{q}_1 q_2) = const;$$

сохраняющейся величиной является  $(\dot{q}_2 q_1 - \dot{q}_1 q_2)$  и для этой системы можно построить наблюдатель для сохраняющейся величины:  $\dot{I} = K_I \cdot (\dot{q}_2 q_1 - \dot{q}_1 q_2 - \tilde{I})$ .

Если функция Гамильтона  $H(\mathbf{p}, \mathbf{q})$  системы – инвариантна по отношению к преобразованию:  $\mathbf{q} \rightarrow \Phi(\mathbf{q}, s)$ , то интеграл можно построить в виде:  $\mathbf{p} \cdot \frac{\partial \Phi_s(\mathbf{q})}{\partial \mathbf{s}} \Big|_{s=0}$ .

#### Сохранение кинетического момента твердого тела

Запишем динамические уравнения Эйлера для вращательного движения свободного твердого тела относительно осей ССК (системы координат, связанной со строительными осями твердого тела):

$$\dot{\mathbf{M}}_b = \mathbf{M}_b \times \boldsymbol{\Omega}_b, \quad (4)$$

где  $\mathbf{M}_b = \mathbf{J}_b \boldsymbol{\Omega}_b$  – кинетический момент твердого тела,  $\boldsymbol{\Omega}_b$  – вектор угловой скорости твердого тела,  $\mathbf{J}_b$  – тензор инерции твердого тела.

Динамические уравнения для вращательного движения свободного твердого тела относительно осей, связанных с ИСК (система координат, неподвижная в инерциальном пространстве) имеют вид:

$$\dot{\mathbf{m}}_s = 0, \quad (5)$$

где  $\mathbf{m}_s = \mathbf{J}_s \boldsymbol{\omega}_s$  – кинетический момент твердого тела относительно ИСК, который связан с кинетическим моментом  $\mathbf{M}_b$  соотношением:

$$\mathbf{m}_s = g \mathbf{M}_b. \quad (6)$$

$g$  – матрица перехода от ССК к ИСК ( $g$  является элементом матричной группы вращений:  $g \in SO(3)$ ); тензор инерции твердого тела относительно ИСК  $\mathbf{J}_s$  зависит от времени:  $\mathbf{J}_s(t) = g(t) \mathbf{J}_b g^{-1}(t)$ .

Известны два инварианта уравнений Эйлера для свободного твердого тела:

$$1) \text{ энергии: } \sum_i J_{bi}^{-1} M_{bi}^2 = 2E;$$

$$2) \text{ квадрата кинетического момента: } \sum_i M_{bi}^2 = \sum_i (J_{bi} \Omega_{bi})^2 = |\mathbf{M}|^2.$$

Кинематические соотношения вращательного движения свободного твердого тела относительно ССК можно представить в виде:

$$g^{-1} \dot{g} = \hat{\boldsymbol{\Omega}}_b \in so(3); \boldsymbol{\Omega}_b \in \mathbf{R}^3 \quad (7)$$

$$\text{с решением: } g(t) = g_0 \cdot \prod_0^t \exp(\hat{\boldsymbol{\Omega}}_b(\tau) d\tau).$$

При записи кинематических соотношений введены обозначения для *hat*-отображений «вектор-матрица»:

$$(\hat{\cdot}): \mathbf{R}^3 \rightarrow so(3); \boldsymbol{\psi} \rightarrow \hat{\boldsymbol{\psi}}: \hat{\psi}_{ij} = -\varepsilon_{ijk} \psi^k;$$

при этом  $\hat{\boldsymbol{\psi}} \cdot \mathbf{x} = \boldsymbol{\psi} \times \mathbf{x}; \forall \boldsymbol{\psi}, \mathbf{x} \in \mathbf{R}^3$ .

Кинематические соотношения вращательного движения твердого тела относительно ИСК можно представить в виде:

$$\dot{g} g^{-1} = \hat{\boldsymbol{\omega}}_s \in so(3); \boldsymbol{\omega}_s \in \mathbf{R}^3 \quad (8)$$

$$\text{с решением: } g(t) = \left( \prod_0^t \exp(\hat{\boldsymbol{\omega}}_s(\tau) d\tau) \right) \cdot g_0.$$

Закон сохранения компонент вектора кинетического момента относительно ИСК может быть получен на основе следующих преобразований

$$\dot{\mathbf{m}}_s = \dot{g} \mathbf{M}_b + g \dot{\mathbf{M}}_b = (g \hat{\boldsymbol{\omega}}_s) \mathbf{M}_b + g (\mathbf{M}_b \times \boldsymbol{\Omega}_b) = g (\boldsymbol{\omega}_s \times \mathbf{M}_b + \mathbf{M}_b \times \boldsymbol{\Omega}_b) = 0.$$

#### Построение наблюдателя Луенбергера для идентификации неисправностей приборного состава

Сформируем наблюдатель Луенбергера для оценивания вектора угловой скорости  $\hat{\boldsymbol{\Omega}}_b$  свободного твердого тела по информации с

датчиков угловой скорости  $\Omega_b$  относительно ССК и матрицы  $\tilde{g} \in SO(3)$ :

$$\begin{aligned} \dot{\hat{\Omega}}_b &= J_b^{-1} \cdot \left( (J_b \tilde{\Omega}_b) \times \tilde{\Omega}_b \right) + K_{\Omega} \cdot (\Omega_b - \tilde{\Omega}_b); \\ \dot{\hat{g}} &= \tilde{g} \cdot \dot{\hat{\Omega}}_b; \end{aligned} \quad (9)$$

здесь  $\hat{\Omega}_b$  – матрица, построенная по вектору  $\tilde{\Omega}_b$ , методом hat-отображения.

Дополнительно к этому наблюдателю можно построить наблюдатели, использующие законы сохранения энергии:

$$\dot{I}_E = K_E \cdot (J_{b1} \Omega_{b1}^2 + J_{b2} \Omega_{b2}^2 + J_{b3} \Omega_{b3}^2 - \tilde{I}_E). \quad (10)$$

квадрата кинетического момента:

$$\dot{I}_M = K_M \cdot (J_{b1}^2 \Omega_{b1}^2 + J_{b2}^2 \Omega_{b2}^2 + J_{b3}^2 \Omega_{b3}^2 - \tilde{I}_M). \quad (11)$$

вектора кинетического момента относительно ИСК:

$$\dot{\tilde{m}}_s = K_m \cdot \left( \tilde{g} (J_b \tilde{\Omega}_b) - \tilde{m}_s \right). \quad (12)$$

Для диагностики неисправностей приборного состава (датчиков угловой скорости) можно использовать рассогласование  $|\Omega_b - \tilde{\Omega}_b|$  и дополнительно, благодаря использованию законов сохранения, величины:  $|\dot{I}_E|, |\dot{I}_M|, \dot{m}_{s1}, \dot{m}_{s2}, \dot{m}_{s3}$ .

**Пример построения наблюдателя Луенбергера вектора угловой скорости осесимметричного твердого тела**

Динамические уравнений движения Эйлера для осесимметричного твердого тела относительно осей ССК:

$$\begin{aligned} J \dot{\Omega}_{bx} &= (J - J_z) \Omega_{by} \Omega_{bz}; \\ J \dot{\Omega}_{by} &= (J_z - J) \Omega_{bz} \Omega_{bx}; \\ J_z \dot{\Omega}_{bz} &= 0; \\ J_z &= J_{bz}; J = J_{bx} = J_{by} \end{aligned}$$

имеют решение:

$$\begin{aligned} \Omega_{bx} &= \Omega \sin \nu (t - t_0); \\ \Omega_{by} &= \Omega \cos \nu (t - t_0); \\ \Omega_{bz} &= \Omega_z = \text{const}; \\ \Omega &= (\Omega_{bx}^2 + \Omega_{by}^2)^{0.5} = \text{const}; \nu = \Omega_z (1 - J_z J^{-1}); \Omega_z > 0; \Omega \square \Omega_z. \end{aligned} \quad (13)$$

При этом вектор кинетического момента твердого тела относительно ССК:

$$M_b = (J \Omega_{bx} \quad J \Omega_{by} \quad J_z \Omega_z)^T.$$

Решение для матрицы перехода от ССК к ИСК в частном случае  $t_0 = 0$  (см.(7)) будет иметь вид:

$$g(t) = \begin{pmatrix} \cos(\Omega_z t) & -\sin(\Omega_z t) & \theta \sin(\mu t) \\ \sin(\Omega_z t) & \cos(\Omega_z t) & -\theta \cos(\mu t) \\ \theta \sin(\nu t) & \theta \cos(\nu t) & 1 \end{pmatrix}, \quad (14)$$

$$\text{где } \mu = J_z J^{-1} \Omega_z; \theta = \text{atan} \left( \frac{J \Omega}{J_z \Omega_z} \right) \approx \mu^{-1} \Omega \square 1.$$

В соответствии с (6) получим сохраняющийся вектор кинетического момента относительно ИСК:

$$m_s = \begin{pmatrix} \cos(\Omega_z t) & -\sin(\Omega_z t) & \theta \sin(\mu t) \\ \sin(\Omega_z t) & \cos(\Omega_z t) & -\theta \cos(\mu t) \\ \theta \sin(\nu t) & \theta \cos(\nu t) & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} J \Omega \sin(\nu t) \\ J \Omega \cos(\nu t) \\ J_z \Omega_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ J \Omega + J_z \Omega_z \end{pmatrix}. \quad (15)$$

и  $\dot{m}_s = 0$ . При этом значение инварианта энергии:  $E = \frac{1}{2} (J \Omega^2 + J_z \Omega_z^2)$  и квадрата кинетического момента:  $|M|^2 = J^2 \Omega^2 + J_z^2 \Omega_z^2$  позволяют построить наблюдатель Луенбергера (10-12) для этих параметров.

При значениях параметров:  $J = 100 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;  $J_z = 200 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;  $\Omega = 0,01 \text{ с}^{-1}$ ;  $\Omega_z = 0,1 \text{ с}^{-1}$ ;  $t_0 = 0$  получим:

$$\begin{aligned} m_s &= (0 \quad 0 \quad 21)^T \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}; \\ E &= 1,005 \text{ Дж}; \\ |M|^2 &= 401 \text{ Н}^2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^2. \end{aligned}$$

При штатном функционировании датчиков угловой скорости получим

$|\dot{I}_E| = 0, |\dot{I}_M| = 0, \dot{m}_{s1} = \dot{m}_{s2} = \dot{m}_{s3} = 0$  (см. (10-12)). В случае отказа датчика угловой скорости по каналу Y:  $\Omega_{by}^f = 0$ , получим:

$$\begin{aligned} m_{s3}^f &= 20 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}; \\ E^f &= 1 \text{ Дж}; \\ (|M|^2)^f &= 400 \text{ Н}^2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^2 \end{aligned}$$

и

$$\begin{aligned} |\dot{I}_E| &= K_E \cdot 0,005 \neq 0, \\ |\dot{I}_M| &= K_M \neq 0, \\ \dot{m}_{s3} &= K_m \neq 0 \text{ (см. (10-12)).} \end{aligned}$$

Использование значений  $|\dot{I}_E|, |\dot{I}_M|, \dot{m}_{s3}$  при обнаружении неисправностей приборного со-

става позволяет увеличить размерность пространства признаков рассогласований.

### **Заключение**

В работе рассмотрен метод формирования наблюдателя Луенбергера для обнаружения неисправностей в системах управления динамическими объектами с учетом выполнения законов сохранения; для этого необходимо построить лагранжиан (или гамильтониан) системы и проверить инвариантность лагранжиана к сдвигу координат системы. Полученные структуры наблюдателей для обнаружения неисправностей являются driftless системами. В работе [6] указаны методы построения функций Гамильтона для непрерывных динамических систем. Рассмотренный в работе метод не ограничивается гамильтоновыми системами и может быть распространен на порт-гамильтоновы системы.

### **Библиографический список**

1. Frank P.M. Fault diagnosis in dynamic systems via state estimation. – A survey. // System Fault diagnostics, Reliability and Related Knowledge-based Approaches, Tzafestas S. e.a. (Eds), Dr. Reidel Publ.Comp., Dordrecht, Vol.1, pp.35-98, 1987.
2. Frank P.M., Ding X. Survey of robust residual generation and evaluation methods in observer-based fault detection systems. // J.Proc.Contr. Vol.7, №6, pp.403-424, 1997.
3. Holm D., Schmäh T., Stoica C. Geometric Mechanics and Symmetry. – Oxford UP, 2009, 537 p.
4. Luenberger D.G. Observing the state of a linear system. // IEEE Transactions on Military Electronics, vol.MIL-8, pp.74-80, April 1964.

5. Seliger R., Frank P.M. Fault diagnosis by disturbance decoupled nonlinear observers. // Proc. IEEE Conf. Decision Contr., pp. 2248-2253, England, 1991.

6. Wang Yu., Li Ch., Chen D. Generalized Hamiltonian realization of time-invariant nonlinear systems. // Automatica, V.39, 2003, pp.1437-1443

### **CONSTRUCTION OF THE OBSERVER FOR FAULT IDENTIFICATION IN DYNAMIC SYSTEMS WITH PERFORMANCE OF CONSERVATION LAWS**

L. B. Spektor, S. N. Chukanov

The method of design of Luenberger observer for fault-detection in dynamic control systems in case of conservation laws performance is presented. It is supposed, that Lagrangian or Hamiltonian of systems is invariant to transformation group of a state vector of a system.

*Спектор Лев Борисович – аспирант ОФИМ СО РАН. Основные направления научной деятельности оптимальное управление динамическими системами, проектирование робастных систем управления. Общее количество опубликованных работ: 4 E-mail: .lewiner@mail.ru*

*Чуканов Сергей Николаевич - заведующий кафедрой ИАС СибАДИ, профессор, доктор технических наук. Область научных интересов: оптимальное управление динамическими системами, проектирование робастных систем управления. Имеет более 100 публикации.*

---

<sup>1</sup> Работа поддержана грантом РФФИ, проект 11-08-01349-а

## РАЗДЕЛ IV

# ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 338.242

### ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА КАК ФАКТОР АКТИВИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОГО И БАНКОВСКОГО СЕКТОРОВ

А. О. Алгазина

***Аннотация.** В статье проанализированы основные проблемы, снижающие эффективность взаимодействия органов государственной власти, предпринимательских структур и банковского сектора. Автором сформулирован комплекс мер государственной поддержки направленный на формирование благоприятной предпринимательской среды.*

***Ключевые слова:** малый и средний бизнес, банковский сектор, государственная поддержка.*

#### **Введение**

Усиление роли государства в экономической жизни страны становится в последние годы все более значимым фактором динамики российской экономики. Внедрение государства в экономические процессы, вытеснение частного капитала из стратегически важных отраслей экономики сопровождаются общим ухудшением российского бизнес - климата в части его институциональной составляющей: ухудшаются условия для реализации предпринимательской активности, снижается предпринимательская мотивированность, усложняются взаимоотношения бизнеса и государства, наблюдается тенденция к истощению предпринимательского ресурса.

Все это может иметь пагубные последствия с точки зрения динамики и структуры роста экономики. В контексте новой роли, которую играет государство в экономике России, важно понять, каким образом может быть реализован накапливаемый государством экономический потенциал влияния с целью гармонизации структуры и ускорения роста национальной экономики.

Становится актуальным исследование экономических условий, источников и инструментов государственной поддержки предпринимательства в России и ее регионах; разработка и практическая реализация качественно новой системы федеральных, региональных программ и экономических механизмов поддержки бизнеса.

Таким образом, стабилизация функционирования предпринимательства невозможна без оказания всесторонней государственной поддержки. Это обуславливает необходимость разработки новых научных подходов в государственном регулировании малого бизнеса.

#### **Территориальные аспекты предоставления банковских услуг малому и среднему бизнесу**

Территориальное распределение банковских услуг в Российской Федерации продолжает носить неоднородный характер. В некоторых регионах предложение банковских услуг существенно отстает от спроса, что обусловлено, в том числе высокими издержками на создание и обслуживание филиальной сети. Кроме того, продвижение банковских услуг в регионы в ряде случаев требует дополнительной капитализации кредитных организаций. В результате в Российской Федерации есть группы предпринимателей, у которых возможности получения банковских продуктов и услуг, в том числе возможности привлечения банковских кредитов, существенно ограничены. В основном, это касается сельских и отдаленных регионов. Это сдерживает развитие малого и индивидуального предпринимательства в регионах Российской Федерации, тормозит сглаживание региональных диспропорций [1].

Решению проблемы низкой доступности банковских продуктов и услуг в отдаленных районах будет способствовать реализация проекта по созданию Почтового банка Российской Федерации. Также необходимо продолжить работу Банка России по дальнейшему обеспечению условий развития региональных сетей кредитных организаций, в том числе за счет отмены территориального ограничения на создание операционных офисов. Создание условий для деятельности некредитных организаций в регионах с недостаточным предложением банковских услуг позволит достичь снижения региональных диспропорций в обеспечении банковскими продуктами и услугами.

### **Меры по развитию банковского обслуживания малого и среднего бизнеса**

Одним из необходимых условий развития кредитных отношений банков с предпринимательскими структурами является работа по обеспечению защиты прав банков как кредиторов, стимулирования более ответственного поведения заемщиков (предприятий МСБ) по исполнению обязательств перед банками, в том числе по совершенствованию залогового законодательства. Одной из действенных мер стало бы создание системы регистрации уведомлений о залоге и ином обременении движимого имущества, обладающего идентификационными признаками (машин, оборудования и транспортных средств в соответствии с Общероссийским классификатором основных фондов). Функции по регистрации уведомлений (функции регистрационной организации) следует передать бюро кредитных историй. При этом необходимо предусмотреть соответствие регистрационных организаций специальным требованиям, установленным федеральным законом и организацию государственного контроля и надзора за их деятельностью.

В целях развития системы кредитования банками малого и среднего бизнеса предстоит повысить эффективность использования ресурсов, выделяемых по государственным программам через государственные институты (банки) развития, а также активизировать работу фондов развития малого и среднего предпринимательства, выполняющих, в том числе функции гарантийных фондов в субъектах Российской Федерации. Наряду с действующей поддержкой субъектов малого и среднего бизнеса, реализуемой Внешэкономбанком и другими институтами развития через систему банков-партнеров, лизинговые и факторинговые компании, микрофинансовые ор-

ганизации, важный вклад в формирование финансовых рынков внесет создание законодательных условий секьюритизации активов с учетом российской специфики и международного опыта, в том числе полученного в ходе кризиса [2]. Также должен получить дальнейшее развитие механизм синдицированного кредитования.

Суть синдицированного кредита заключается в объединении нескольких банков для предоставления кредита, что позволяет аккумулировать необходимый объем денежных ресурсов и распределить риски между всеми участниками сделки.

Целью предоставления синдицированного кредита могут являться: торговое финансирование, рефинансирование, финансирование приобретений, проектное бидж-финансирование, финансирование капитальных затрат, финансирование накопления кредитного портфеля и т.д.

Механизм синдицированного кредитования предполагает типичное разделение финансового рынка на первичный и вторичный. На первичном рынке стратегические потенциальные инвесторы, имеющие значительную концентрацию капитала, формируют потенциальную ресурсную базу, необходимую конкретному заемщику. Затем выделяют функциональные либо организационные обязанности каждого стратега и в соответствии с целевыми установками входят в формальную либо юридически оформленную структуру в виде синдиката, который векторно направляет кредитные ресурсы конкретному заемщику. Вторичный рынок предполагает передачу полностью (частично) доли кредита более мелким инвесторам (банка, фондам, частным лицам). Дробление кредитов позволяет снять нагрузку с крупных инвесторов и потенциально может привести их к витку новых кредитов в рамках консорциума. Мелкие инвесторы получают возможность доступа к инвестиционно привлекательным секторам экономики, приобретая определенную часть кредита. Эластичность данных инструментов и доля аналогичности инструмента рынка долговых обязательств позволяют инвестировать средства, получать более высокую доходность и увеличивать масштабность кредитования [3].

Наиболее значимым для развития этого финансового инструмента является расширение сегмента рублевого синдицированного кредитования региональных заемщиков. На данный момент значительная доля объемов синдицированного кредитования принадлежит иностранным банкам. Определяющим в этой

тенденции является наличие необходимого опыта и широких финансовых возможностей, что, пока, не является сильной стороной отечественных банков. Российские же банки пока являются, в основном, соорганизаторами синдикаций. При этом большинство кредитов предоставляется в иностранной валюте. Локальные рублевые сделки еще просто не сопоставимы по объемам с международными сделками. Для таких заемщиков как средние частные предприниматели и предприятия малого бизнеса и сферы услуг, рублевые кредиты очень удобны.

Развитие механизма синдицированного кредитования на региональном уровне с участием региональных банков вполне может стать для ряда российских банков альтернативой расширению филиальной сети. Для российских банков можно выделить следующие положительные тенденции от использования синдицированного кредитования в регионах:

- повышение конкурентных преимуществ региональных банков;
- увеличение объемов кредитования за счёт неограниченности ресурсов;
- минимизация и диверсификация кредитных рисков;
- улучшение качества кредитных портфелей участников синдиката за счёт более детальной оценки заемщика.

Преимущества для региональных заемщиков (МСБ) в использовании такой формы финансирования следующие:

- привлечённые от синдиката ресурсы являются более «длинными» и «дешевыми» по сравнению с традиционной схемой прямого заимствования (разница между ставкой по облигациям и при синдицированном обеспеченном кредите для одного и того же заемщика может составлять от 0,5 до 1 % годовых);
- организация сделки синдицированного кредитования возможна в более короткий срок по сравнению с выпуском облигаций, поскольку не требуется регистрации проспекта эмиссии в ФСФР;
- заемщик одновременно создает публичную кредитную историю у большого числа кредиторов.

Однако на сегодняшний день развитие синдицированного кредитования в России сталкивается с рядом трудностей. По-прежнему существует низкий уровень доверия между российскими банками. Кризис ликвидности выявил слабые места многих российских кредитных организаций, показав их уязвимость и неустойчивость. Несовершенство законодательной и нормативной базы, в кото-

рой на данный момент отсутствуют отдельные документы, регулирующие и регламентирующие синдицированное кредитование. Большинство законодательных актов, например, Гражданский кодекс, содержит лишь косвенное упоминание о синдикации и для проведения соответствующих сделок установлены лишь общие правила. Кроме того, регламент по этим сделкам, принятый в документах Банка России, не соответствует стандартам иностранных организаторов. В дополнение к этому, на рынке практически отсутствует арбитражная практика по сделкам синдицированного кредитования.

Анализ состояния рынка синдицированного кредитования в России указывает на широкие перспективы данного направления. Однако с учётом всех изложенных трудностей и проблем стоит задаться вопросом разработки методологического подхода к развитию этого инструмента. Очевидно, что для внедрения синдицированного кредитования в практику региональных банков необходимы институциональные преобразования. Например, высказываются идеи о создании единого банка-агента, который исполнял бы роль финансово-расчетного центра. При этом его основными функциями предположительно могли бы быть:

- консолидация финансовых ресурсов и ведение непрерывного мониторинга их использования;
- все расчетные операции по сделкам синдицированного кредитования;
- оперативное руководство централизованными фондами, в которые производятся отчисления участниками инвестиционного проекта;
- определение единой финансовой политики в рамках инвестиционного проекта с выработанными нормами и стандартами.

Используя огромный опыт, накопленный в международной практике консорциум, сформированный для участия в программах синдицированного кредитования должен руководствоваться принципами партнерства и соблюдения взаимных интересов всех участников синдиката. Для устойчивого развития рынка синдицированного кредитования, в частности его региональной составляющей необходимо определить первоочередные задачи, решение которых потребует комплексного подхода в законодательской, экономической и институциональной плоскости:

- разработка нормативно-правовой базы по процедуре организации и проведения сделки консорциального кредитования;

- содействие эффективному переводу сбережений в разряд инвестиций и совершенствование инфраструктуры инвестиционного рынка;

- поддержка со стороны государства, в первую очередь, за счёт предоставления государственных гарантий по синдицированным проектам;

- всесторонняя отработка инновационных технологий для активного поддержания данного сектора финансового рынка.

Естественно, задачи многогранны и требуют поэтапного своего решения, по мере развития рынка синдицированного кредитования в целом.

### **Повышение качества и расширение видов банковских и иных финансовых услуг малому и среднему бизнесу**

Повышению качества и расширению перечня банковских услуг будет способствовать развитие внутриотраслевой и межотраслевой конкуренции на финансовом рынке, в том числе конкуренции за клиентов. В этих условиях кредитным организациям предстоит уделять особое внимание вопросам предоставления клиентам комплекса современных банковских продуктов и услуг и снижения неоправданных стоимостных, административных, процедурных, технических и технологических издержек (затрат) клиентов при их потреблении. Разумная минимизация пакета документов на получение кредита и сокращение сроков рассмотрения кредитными организациями соответствующих заявок в сочетании с мерами по модернизации технологий взаимодействия с клиентом с использованием современных систем удаленного доступа позволят существенно изменить ситуацию в сфере взаимодействия кредитных организаций с группой клиентов, представляющих малый бизнес и индивидуальное предпринимательство. Исходя из опыта применения Федерального закона «О кредитных историях» для повышения качества услуг кредитования целесообразно реализовать меры по совершенствованию работы бюро кредитных историй и Центрального каталога кредитных историй.

Как показывает международный опыт, помимо развития банковского обслуживания и принятия государством части рисков, связанных с кредитованием малого бизнеса банками, одним из направлений решения проблемы малодоступности кредитов может являться развитие системы некредитных организаций, прежде всего кредитных кооперативов и организаций микрофинансирования, а также ломбардов. В настоящее время основной задачей

Правительства РФ в указанной сфере является обеспечение регулирования и контроля над деятельностью соответствующих некредитных организаций. В перспективе более рациональным является выведение функции по надзору и проверке деятельности некредитных организаций на местах из сферы государственного регулирования и передача саморегулируемым организациям в сфере кредитной кооперации и микрофинансирования с сохранением обязательности проведения совместных с государственным регулятором избирательных и плановых проверок.

Повышению качества и расширению перечня банковских и иных финансовых услуг будет способствовать проводимая Правительством РФ и Банком России работа по совершенствованию законодательства о кредитной кооперации и микрофинансировании. В первую очередь целесообразно обеспечить разработку и принятие подзаконного нормативно-правового регулирования деятельности кредитных кооперативов и микрофинансовых организаций уполномоченным органом. При Министерстве финансов необходимо создать профильную Федеральную службу, а также определить принципы и правила финансового надзора за деятельностью кредитных кооперативов и микрофинансовых организаций, что вытекает из Федерального закона №190-ФЗ «О кредитной кооперации» и Федерального закона № 151-ФЗ «О микрофинансовой деятельности и микрофинансовых организациях». Однако разработке норм надзора целесообразно обеспечить раскрытие информации о деятельности участников рынка для адекватной оценки их финансовых рисков. Целесообразно не только регистрировать кооперативы и микрофинансовые организации, но и ввести минимальный перечень форм финансовой отчетности, из которых можно будет судить об объемах и характере операций. [4]

Для полноценной реализации законов, необходимо внести изменения в Налоговый Кодекс, которые уравняли бы в правах формирования налоговой базы банки и прочих финансовых посредников (кредитные кооперативы, микрофинансовые организации). Следует выровнять налогообложение деятельности как собственно финансовых организаций, так налогообложения доходов их клиентов, привлеченных от пользования финансовыми продуктами. В частности, в ближайшее время необходимо внести ряд изменений в Налоговый Кодекс, дающих право микрофинансовым организациям и кредитным кооперативам формировать резервы на возможные потери

по микрозаймам и вести полноценный учет расходов в целях формирования налогооблагаемой базы. Кроме того, необходимо учесть специфику финансового оздоровления и банкротства микрофинансовых организаций и кредитных кооперативов в законодательстве о банкротстве финансовых институтов.

В числе других приоритетов можно выделить:

- развитие инфраструктуры рынка;
- содействие системному развитию кредитной кооперации;
- содействие федеральным и региональным органам власти в разработке и реализации программ развития микрофинансирования и повышения финансовой доступности;
- развитие технологий дистанционного финансового обслуживания (банковская агентская модель);
- предоставление микрофинансовым институтам необходимых знаний, навыков, услуг и ресурсов в области микрофинансирования;
- обеспечение защиты прав и интересов потребителей микрофинансовых услуг – субъектов микробизнеса и населения.

### **Заключение**

Государственная институциональная политика в отношении предпринимательства предназначена для обеспечения максимально возможной реализации его позитивных функций в национальном хозяйстве и социальной сфере. В той же мере, в какой под воздействием научно-технического прогресса меняются воспроизводственные системы, а вместе с ними трансформируется бизнес, изменяются цели и институты его государственной поддержки.

Сегодня успех формирования благоприятной предпринимательской среды во многом определяется желанием и способностью государственных и муниципальных органов власти создавать условия и стимулы для предпринимательской инициативы, повышения инвестиционной активности на определенной территории, т.е. комплекса мероприятий, направленных на формирование благоприятной предпринимательской среды в условиях нестабильной экономики, включающие применение целевого метода как ключевого инструмента управления процессами в нестабильной экономике (расширение программ поддержки предпринимательства, информационная и ресурсная поддержка, применение механизмов государственной поддержки и др.).

Разработка, внедрение и реализация комплекса мер, направленных на формирование

и развитие благоприятной предпринимательской среды требует в первую очередь совершенствования существующей институциональной среды и формирования институциональных структур, присущих постиндустриальному экономическому обществу и обеспечивающих нормативно-правовую, экономическую и организационную основу надежности и эффективности инвестиционных вложений. К таким структурам относят, в частности, систему поддержки предпринимательской инициативы, включая формирование отраслевых, региональных и ведомственных бизнес-структур государственно-частного партнерства, совместное финансирование инвестиционных проектов, направленных на повышение конкурентоспособности отечественных предприятий промышленности и сферы услуг, распространение и внедрение успешного опыта инвестиционной деятельности.

### **Библиографический список**

1. Романенко Е. В. Малое предпринимательство и инновационный характер развития экономики России: Монография. - М.: Изд-во Креативная экономика, 2010. – 251 с.
2. Императивы государственной поддержки предпринимательской деятельности в современной России: монография / колл. авт.; под науч. ред. В. М. Юрьева; Федеральное агентство по образованию, ГОУВПО «Тамб. гос. ун-т им. Г.Р. Державина». Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2010. 235 с.
3. Деловая среда и предпринимательская активность / В. В. Бирюков, В. П. Плосконосова // Сибирский научный журнал. Серия: Гуманитарные и социально-экономические проблемы развития современного общества / СибАДИ. - 2010. - № 1. - С. 192-203.
4. Заявление Правительства РФ N 1472п-П13, ЦБ РФ N 01-001/1280 от 05.04.2011 "О стратегии развития банковского сектора Российской Федерации на период до 2015 года".

### **THE STATE SUPPORT AS THE FACTOR OF ACTIVIZATION OF INTEROPERABILITY OF ENTERPRISE AND BANK SECTORS**

A. O. Algazina

The article analyzes the main problems that reduce the efficiency of interaction of state authorities, businesses and the banking sector. The author has formulated a set of state support measures aimed at creating a favorable business environment.

*Алгазина Александра Олеговна - аспирантка кафедры «Общая экономика и право» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии*



мии, ведущий специалист филиала «Омский» ОАО «ОТП Банк». Основное направление научных исследований – взаимодействие государства, предпринимательства и банковского сектора в со-

временных условиях. Общее количество публикаций – 10. E – mail: eshenko@mail.ru.

УДК 657.47: [338.43:636.5]

## ПРАКТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСАКЦИОННЫМИ ЗАТРАТАМИ ПТИЦЕВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Н. А. Аникина

**Аннотация.** Проведен анализ отчетности о финансово-экономическом состоянии товаропроизводителей на наличие информации о затратной составляющей, исследованы механизмы учета и контроля транзакционных затрат на птицеводческих предприятиях, приведена классификация птицеводческих предприятий по степени организации управленческого учета.

**Ключевые слова:** транзакционные издержки, управленческий учет, птицеводческие предприятия.

### Введение

С процессом перехода от плановой экономики к рыночным отношениям, изменились не только цели и задачи функционирования предприятий, но и критерии оценки их результатов.

Централизация системы управления в верхних этажах управленческих структур, возможность существовать, не вникая глубоко в процессы образования себестоимости и прибыли привели к пренебрежительному отношению к учетно-аналитической работе на местах. Руководители и специалисты хозяйств занимались изучением процессов производства, используя при этом весьма поверхностные приемы и данные<sup>[1]</sup>.

Существующая в настоящее время система учета затрат на предприятиях, основанная зачастую на «котловом» методе, не обеспечивает информацией на должном уровне пользователей для достижения эффективного управления экономическими процессами организации. Учету и анализу подлежат трансформационные затраты предприятия, связанные с осуществлением производственной функции, при этом не уделяется должного внимания учету и анализу транзакционных издержек, связанных с функционированием организаций в условиях рыночной среды.

Для обеспечения эффективных процессов требуется совершенная система рыночной информации, обеспечивающая поиск контрагентов и каналов сбыта продукции, выбор рациональных продуктовых цепочек. Это в

свою очередь диктует необходимость в построении системы управления транзакционными издержками, которая должна содержать выявление, учет, анализ, планирование и контроль затрат. В этом состоит регулирование и координация действий по поводу будущего развития предприятия<sup>[2]</sup>.

Учитывая, что транзакционные издержки это «разница между данной ценой предложения и возможной более низкой ценой, уплачиваемой покупателем в качестве альтернативы более высоким издержкам поиска информации, ожидания или производства»<sup>[3]</sup>. В свою очередь, поиск механизмов регулирования является одним из важных факторов повышения эффективности функционирования организаций.

### Основная часть

Известно, что эффективная экономика региона формируется на основе комплекса природных, экономических и социальных ресурсов, оказывающих прямое влияние на темпы ее развития. «Каждая компания, даже действующая только на локальном уровне, сегодня является частью мировой экономики». Исходя из того, что предприятие является открытой экономической системой, которая нормально функционирует лишь при взаимодействии с внешней средой, построение механизмов управления для целей координации процессов является одной из важных задач. Именно поэтому в существующих условиях необходимо особое внимание уделять поиску резервов внутри самих сельскохозяйственных орга-

низаций. Для этого необходимо совершенствовать систему управления, структурируя источники информации о транзакционных затратах. Нами была изучена отчетность на предмет наличия информации о транзакционных затратах в той части, где формируется массив данных, непосредственно определяющих финансово-экономическое состояние сельскохозяйственных товаропроизводителей в составе форм годовой отчетности.

Исследование проводилось на птицеводческих предприятиях Омской области с учетом проблемно – ориентированного подхода к измерению транзакционных издержек в АПК<sup>[4]</sup>. Периодом исследования является 2010 год.

Исследование проведено по следующим этапам:

1. Отбор птицеводческих организаций для обследования.

2. Определение границ проводимого исследования.

3. Проведение анкетирования руководителей птицеводческих предприятий, среднего управленческого звена, специалистов с целью выявления области возникновения транзакционных затрат на микроэкономическом уровне.

В исследование включены семь птицеводческих предприятий Омской области, в том числе вошли все пять крупных предприятий, зарегистрированных на территории Омской области, и два средних предприятия.

Для исследования применялись следующие формы отчетности, утвержденные Министерством сельского хозяйства Российской Федерации: бухгалтерский баланс (форма №1), отчет о прибылях и убытках (форма № 2), отчет о движении денежных средств (форма № 4), приложение к бухгалтерскому балансу (форма № 5), отчет о численности и заработной плате работников (форма № 5-АПК), отчет об отраслевых показателях деятельности организаций АПК (форма № 6-АПК), отчет о затратах на основное производство (форма № 8-АПК).

Анализ выявил, отчетность содержит следующие показатели: себестоимость продукции, прочие расходы, иные платежи из прибыли, курсовые разницы, структура расходов по обычным видам деятельности (материальные, оплата труда, отчисления на социальные нужды, амортизация, информация об остатках незавершенного производства), амортизация, структура затрат основного производства: материальные затраты, корма, семена, топливо, нефтепродукты, запасные части, оплата работ и услуг, выполненных сторонними организа-

циями, затраты на оплату труда, амортизация, прочие затраты.

Из приведенных данных следует, что из отчетности о финансово-экономическом состоянии сельскохозяйственных товаропроизводителей можно получить сведения не только о производственных затратах, но и сведения о затратах, формирующих транзакционные издержки предприятий к которым относятся коммерческие и управленческие расходы, расходы по обслуживанию кредитов и займов, пени, штрафы, курсовые разницы от пересчета иностранной валюты, списание дебиторской задолженности, по которой истек срок исковой давности. При этом, что касается освещения транзакционных затрат, то им уделено недостаточное внимание, так в отчетности представлена информация о наличии дебиторской и кредиторской задолженности сельскохозяйственных организаций, но при этом отсутствуют более подробные сведения об источниках ее возникновения. Отсутствуют данные о структуре транзакционных затрат предприятий таких как коммерческие, управленческие расходы, штрафы, пени, убытки от курсовых разниц и др.

Стоит отметить, что основной целью отчетности является контроль средств выделяемых сельскохозяйственным организациям из федерального и регионального бюджета в виде субсидий на поддержку сельского хозяйства.

Таким образом, можно отметить, что только производственные затраты, рентабельность, себестоимость и цены в первую очередь охвачены управлением. Они наиболее полно представлены пользователям информации.

Все это свидетельствует - отчетность о финансово-экономическом состоянии сельскохозяйственных товаропроизводителей не может являться достаточным информационным массивом, позволяющим управлять данными затратами. Кроме того, учитывая направленность, цели и интересы пользователей отчетности можно сделать вывод о том, что она не соответствует целям управления транзакционными затратами, а лишь косвенно учитывает некоторые из них.

Исходя из вышеизложенного, можно утверждать, что полный анализ транзакционных издержек предприятий возможен только при более детальном изучении первичных документов, при этом учитывая, что не все транзакционные издержки находят отражение в регистрах учета и первичных учетных документах, требуется применение специальных

## ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

методик и механизмов учета указанных затрат.

С целью более глубокого изучения практики управления транзакционными затратами были проанализированы внутренние системы учета затрат, уровень развития управленческого учета на птицеводческих предприятиях.

Для целей изучения определены следующие параметры: перечень анализируемых затрат предприятием, механизмы учета, анализа и контроля затрат, нормативные документы, центры учета затрат предприятий, их перечень представлен в таблице 1 - фактические составляющие механизмов учета затрат на птицеводческих предприятиях.

Таблица 1 - Фактические составляющие механизма учета затрат на птицеводческих предприятиях

№ п/п	Показатель, характеризующий уровень управленческого учета на птицеводческих предприятиях <sup>2</sup>		
1	<b>Уровень автоматизации процессов, сопровождающих бухгалтерский и управленческий учет на предприятии</b>		
	Ведение бухгалтерского учета с применением специализированного программного продукта	Ведение управленческого учета с применением специализированного программного продукта	
2	<b>Организация управленческого учета</b>		
	утверждена учетная политика, должностные регламенты сотрудников	утвержден график документооборота регламенты взаимодействия подразделения	учет по центрам учета затрат
3	<b>Охват затрат системой управленческого учета предприятия</b>		
	затраты на содержание управленческих служб и отделов (зарплата, представительские, командировочные расходы), затраты, связанные с обеспечением процесса снабжения, затраты, связанные с обеспечением процесса реализации (поиск торговых точек, покупателей, выбор каналов сбыта)	затраты на оценку и контроль качества продукции, затраты в виде потерь от нерациональных систем сбыта, разницы в ценах на закуп материалов и др., потери от брака и порчи	
4	<b>Использование официальных источников информации о ситуации на рынке для принятия управленческих решений</b>		
	принятие решения чаще всего носит интуитивный характер	специализированные информационные ресурсы: сайт МСХ РФ <a href="http://www.mcx.ru/">http://www.mcx.ru/</a> , МСХ Омской области <a href="http://www.omskportal.ru, agro55.ru">http://www.omskportal.ru, agro55.ru</a>	
5	<b>Механизмы контроля затрат на предприятии</b>		
	бюджет продаж, бюджет производства, бюджет прямых затрат, бюджет производственных запасов	целевые установки, бюджет коммерческих расходов, бюджет затрат на оплату труда, бюджет общепроизводственных общехозяйственных расходов, бюджет управленческих расходов	

Анализ практики управления затратами на птицеводческих предприятиях Омской области выявил, что автоматизированные системы учета применяются не на всех предприятиях: лишь 4 организации (или 57 %) для целей

управленческого учета применяют специализированный программный продукт. При этом, узкий охват затрат для целей анализа и контроля не позволяет выявить затраты, связанные с потерями от нерациональных систем

сбыта, разницы в ценах при закупе материалов. Контролю подлежат затраты на содержание управленческих служб и отделов (зарплата, представительские, командировочные расходы), затраты, связанные с обеспечением процесса снабжения, затраты, связанные с обеспечением процесса реализации (поиск торговых точек, покупателей, выбор каналов сбыта).

Анализ механизмов учета и контроля затрат на птицеводческих предприятиях выявил применение бюджета продаж, бюджета производства, бюджета прямых затрат, бюджета производственных запасов. При этом слабо развито применение бюджета коммерческих расходов, бюджета затрат на оплату труда, бюджет общепроизводственных и общехозяйственных расходов, бюджет управленческих расходов.

Результат исследования позволяет разделить птицеводческие предприятия на 4 группы по уровню организации управленческого учета: первая группа - это сильные крупные организации (вертикально интегрированные структуры), вторая группа - средние, третья группа - слабые организации и четвертая группа - мелкие организации.

Предприятия первого и второго типа характеризуются высоким уровнем организации учета, анализа и контроля трансформационных затрат. При этом не применяются механизмы учета трансакционных затрат. Средний удельный вес управленческих расходов в структуре всех затрат предприятия достигает от 5 до 10 %.

Предприятия третьего типа отличаются низким уровнем организации управленческого учета, слабым контролем затрат, удельный вес коммерческих и управленческих расходов в структуре всех затрат предприятия составляет от 5-10 %.

Четвертый уровень птицеводческих предприятий характеризуется низким уровнем организации учетных процессов, отсутствием процедуры лимитирования затрат, низкой степенью организации управленческого учета, удельным весом управленческих расходов в структуре затрат предприятия до 15 %.

### Заключение

1. Анализ практики управления затратами выявил, что трансакционные издержки не выделены в управленческом учете. Существующая в настоящее время система учета затрат не может являться информационным массивом, позволяющим управлять данными затратами, т. к. она не соответствует целям управления трансакционными затратами.

2. Учитывая, что трансакционные затраты предприятий достигают от 5 до 15 %, в структуре всех затрат предприятий птицеводческой отрасли первоочередной задачей является совершенствование системы управления, структурирование источников информации о трансакционных затратах и формирование информационных баз.

3. Обособление в управленческом учете трансакционных издержек позволит решить проблему сбора и обработки информации необходимой для принятия решения, что позволит оптимизировать их величину.

### Примечания

<sup>1</sup> в развитых странах пропорция составляет "доллар на доллар", или 50 % / 50 %

<sup>2</sup>\* - низкий, \*\* - средний, \*\*\* - высокий

### Библиографический список

1. Фактор трансакционных издержек в теории и практике российских реформ: по материалам одноименного круглого стола / под редакцией В. Л. Тамбовцева – М.: Эконом. Факультет. ТЕИС 1998.-152 с.

2. Клейнер Г. Б. Стратегия предприятия – М.: Издательство «Дело» АНХ, 2008, с 568.

3. Малахов С. Трансакционные издержки и макроэкономическое равновесие // Вопр. экономики. 1998. № 11.

4. Шумакова О., Стукач В. Трансакционные издержки сельскохозяйственных организаций: Проблемно-ориентированный анализ. Механизмы регулирования. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. Saarbrücken, Germany - ISBN-13: 978-3-8454-2569-6, (2011), 156с.

## PRACTICE AND FUTURE MANAGEMENT TRANSACTION COSTS OF POULTRY ENTERPRISES

N. A. Anikina

The reporting about a financial and economic condition of commodity producers on presence of the information on expenses is analysed, mechanisms of the account and control of expenses at the poultry-farming enterprises are investigated, classification of the poultry-farming enterprises by level of the organization of the administrative account is resulted.

*Аникина Надежда Александровна. Омский Государственный Аграрный Университет аспирант кафедры экономики и управления сельскохозяйственным производством. Основные направления научной деятельности: Механизмы управления трансакционными затратами. Общее количество опубликованных работ: 5. e-mail: buhgalter.msfo@bk.ru*

УДК 658

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ СЕТЕЙ В РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКЕ

Т. А. Боженко

**Аннотация.** *Формирование производственно - предпринимательских сетей на основе производственно-интеграционного подхода. Определены его специфика и принципы.*

**Ключевые слова.** *Предпринимательские структуры, производственная предпринимательская сеть, интеграционный подход*

### Введение

В условиях осуществления модернизационных изменений в российской экономике и усиления конкуренции у предпринимателей возрастает потребность поиска новых источников развития конкурентных преимуществ и формирования механизмов их реализации в соответствии с угрозами и вызовами времени. Как свидетельствует мировой опыт, в быстроменяющейся и разнородной хозяйственной среде жизнеспособными становятся неоднородные экономические системы, основанные на сочетании противоречивых принципов организации деятельности хозяйствующих субъектов. В связи с этим на смену упрощенному пониманию процесса взаимодействия фирмы в реальной экономике как процесса лишь конкурентной борьбы приходит осознание того, что современные хозяйственные отношения складываются в результате сложной комбинации кооперативных и конкурентных связей. В рамках концепции сетевой организации бизнеса было обращено внимание на то, что конкурентоспособность предприятия во много зависит от его принадлежности к той или иной сети взаимодействий предприятий, на основе которой формируются совместные действия, ориентированные на рациональное использование совокупных ресурсов, разработку и реализацию новых технологий. В связи с этим происходит взаимопереплетение рыночных и кооперационных взаимодействий, горизонтальных и вертикальных связей между участниками процесса распределения и использования ресурсов, глубокая трансформация форм организации экономики [1].

В настоящее время создание различных форм интеграции являются одним из основных путей развития бизнеса, эффективному развитию производственных предпринимательских структур способствует формирование предпринимательских сетей.

В объединениях традиционного типа (холдингах, концернах, трестах и т. д.) предпринимательские структуры могут полностью или частично лишиться юридической, хозяйственной самостоятельности и т. д. Подобные объединения имеют, как правило, громоздкую управленческую структуру, что не всегда позволяет им достаточно четко и своевременно реагировать на изменения внешней среды. Кроме того, они имеют тенденцию к монополизации. Мировой и отечественный опыт показывают, что этих недостатков лишена предпринимательская сеть [2].

В настоящее время существует устойчивая тенденция к активизации сетевых объединений, причем наиболее актуальным становятся именно предпринимательские сети, наиболее полно решающие задачи обеспечения рыночной адаптивности.

Предпринимательская сеть, которая характеризуется разнообразием, широтой, открытостью и является, по сути, новой формой организации межфирменного взаимодействия, позволяющая быстро, гибко адаптировать внутренние структуры и внешние взаимосвязи в возрастающей неопределенности хозяйственной среды [4].

### Основная часть

Формирование производственно-предпринимательских сетей связано с интеграционным поведением производственных предпринимательских структур в рамках новой формы организации производственного цикла. Предпринимательские сети в общем виде могут иметь формализованный характер (образовывать самостоятельные организационные формы) и неформализованный. Характеристика деятельности отдельных производственно-предпринимательских структур, объединившихся в предпринимательские сети, свидетельствует о пригодности этих концепций для применения на российском рынке.

При этом следует учитывать, что отсутствие стандартизированных правил в области данной формы объединения приводит к тому, что все формирующиеся производственно-предпринимательские сети имеют индивидуальный и уникальный характер. Несмотря на общие направления развития и линии поведения в производстве продукта, уникальность каждого региона приводит к разным конечным результатам. Предпринимательскую сеть можно идентифицировать как группу производственно-предпринимательских структур - участников того или иного рынка, объединившихся для эффективного использования ресурсов и специфических преимуществ для совместной реализации предпринимательских проектов.

Объединение производственно-предпринимательских структур в единую предпринимательскую сеть осуществляется на основе горизонтальных взаимодействий между участниками и их симбиозной взаимозависимости, определяемой принципом синергизма [6].

Используя преимущественно горизонтальные связи и механизмы специализации и взаимодополнения, производственные предпринимательские структуры получают дополнительные возможности к достижению более высоких результатов.

Предпринимательскую сеть характеризует: единая цель; четкая внутренняя структура; высокая степень взаимосвязи структурных элементов; взаимосвязь с внешней средой. Отличительная черта предпринимательских сетей – предпринимательская целеориентация. Предпринимательские сети всегда направлены на решение задач управления рынком на основе активизации предпринимательских инициатив, гибкости, стратегической маневренности и перманентности инноваций.

Входящие в производственно-предпринимательские сети предпринимательские структуры сохраняют свою автономность, но через вхождение активизируется появление новых управленческих идей и решений и ослабляется сдерживающее влияние межорганизационной и внутрифирменной субординации.

Производственно-предпринимательские структуры, принявшие решение о совместной кооперации, для достижения определенной цели, будут функционировать в рамках одной сети, образуя между собой совокупность долгосрочных взаимоотношений и взаимозависимостей, что позволяет им контролировать и получать доступ к ресурсам друг друга.

Из вышесказанного следует, что в основе

формирования производственно-предпринимательских сетей лежит производственно-интеграционный подход.

В рамках производственно-интеграционного подхода возможна переоценка важности и значения ряда факторов, влияющих на развитие производственно-предпринимательских структур как участников предпринимательской сети.

Использование только интеграционного подхода к формированию производственно-предпринимательских сетей не обеспечивает автоматически повышенную гибкость и способность быстро адаптироваться к изменениям, а также возможность оперативного выполнения задач способом оптимальным или близким к оптимальному. Эти качества обеспечиваются рациональной структурой издержек, содержащимся в сети разнообразием компетенций, возможностью практически мгновенного доступа к многочисленным и разнообразным ресурсам участников сети. Это приводит к тому, что предпринимательская сеть, будет обладать большим потенциалом в процессе формирования предпринимательской сети. Системный подход позволяет лучше понять происходящие процессы функционирования производственно-предпринимательских структур и причины их вхождения в предпринимательскую сеть и дать формализованное описание. Для регулирования процесса формирования предпринимательских сетей необходим переход от частных эмпирических зависимостей и связей к созданию формализованной логически описанной интеграции во всей ее сложности и взаимообусловленности.

Системный подход позволяет проводить анализ всех совокупных факторов процесса формирования предпринимательских сетей и выявить их влияние в целом на предпринимательскую сеть и ее отдельных участников на степень достижения цели.

Производственная предпринимательская сеть представляет собой систему, которую характеризуют следующие свойства:

- динамичность, т.е. изменяющаяся во времени;
- искусственность, созданная людьми;
- открытость, обуславливающая связь с внешней средой;
- стохастичность, выражающаяся через возможность предвидения поведения с некоторой вероятностью.

Интеграционный подход является основополагающим подходом, что в условиях глобализации наряду с локальными (ближними) экономическими связями в предприниматель-

ской сети становятся возможны и выгодны дистанционные экономические взаимодействия с удаленными партнерами, что открывает новые перспективы развития для производственных предпринимательских структур, позволяет им встраиваться в предпринимательскую сеть.

Интеграционный подход в условиях глобализации, по нашему мнению, должен быть положен в основу развития каждой производственно-предпринимательской структуры, входящих в предпринимательскую сеть, а основой развития в целом предпринимательской сети должен стать системный подход.

Главное условие использования обозначенных подходов — четкое представление их основных идей, логики и предпосылок их реализации, а также преимуществ и недостатков, возможностей и ограничений.

Преимуществами использования указанных подходов к формированию производственно-предпринимательской сети являются:

1. Максимально высокая адаптивность к изменяющимся условиям, быстрая реакция на изменения за счет координации совместных усилий всех производственно-предпринимательских структур как участников предпринимательской сети.

2. Открытость (незамкнутость контура), т.е. потенциально неограниченное число участников. Сеть обладает неограниченным потенциалом роста.

3. Концентрация предпринимательской деятельности на приоритетных областях специализации, на уникальных процессах.

4. Экономия на традиционных издержках (отсутствие накладных, «административных» расходов, расходов по социальным обязательствам).

5. Привлечение к совместной деятельности лучших партнеров, исключение некомпетентных участников.

6. Снижение транзакционных издержек на осуществление целевых видов предпринимательской деятельности за счет вовлечения в сеть тех производственных предпринимательских структур, которые были частью внешней среды.

7. Увеличение отдачи (синергии) от комплементарных активов участников путем обмена уникальными знаниями при объединении в сеть.

8. Повсеместность (территориальная безграничность), мобильность и гибкость, возможность подключения к сети неограниченного количества дистанционно удаленных участников и возможность быстрой смены

геометрии сети.

Системный и интеграционный подходы реализуют концепцию взаимодействия производственно-предпринимательских структур в рамках формирования предпринимательской сети, которая опирается на ряд ключевых признаков, свойственных современному предпринимательству:

- схожесть целевых ориентиров реально функционирующих производственно-предпринимательских структур (например: обеспечение конкурентных преимуществ, оптимального использования ресурсов, укрепление рыночных позиций и т.п.);

- необходимость использования мер государственной поддержки;

- необходимость привлечения инвестиций в условиях развивающихся рынков (к числу которых относится, в частности, сфера промышленности);

- необходимость активизации инновационных возможностей предпринимательства;

- развитие информационно-коммуникационных технологий;

- стремление к получению синергетического эффекта;

- развитие концепции бенчмаркинга, ориентирующую предпринимательские структуры на изучение и конструктивное использование опыта, накопленного лидерами бизнес-сферы;

- развитие идеологии и партнерства.

Спецификой данных подходов является возможность более полного использования инфраструктурного потенциала, а также способность к изменению конфигурации предпринимательской сети: замене элементов, присоединению дополнительных элементов.

Экономический эффект от создания предпринимательских сетей на основе интеграционного и системного подходов обусловлен:

- производственно-технологической кооперацией, позволяющей эффективно использовать совокупный потенциал производственных предпринимательских структур;

- снижением затрат на модернизацию продукции путем передачи части работ партнерам, специализирующимся на конкретных видах деятельности;

- повышением эффективности процесса обеспечения производства сырьем, материалами, деталями, конструкциями на основе долгосрочных партнерских связей;

- повышением эффективности выполнения отдельных управленческих функций за счет разделения труда, специализации, привлечения специализированных производственно-предпринимательских структур;

— повышением эффективности работ в области сбыта и сервисного обслуживания, приобретения необходимых ресурсов;

— повышением надежности сетевых партнеров в производственно-сбытовой кооперации.

Принципами формирования производственно-предпринимательской сети на основе интеграционного подхода являются:

1. Обеспечение реализации возможностей концентрации, кооперации и специализации отдельных производственно-предпринимательских структур, которые становятся сетевыми партнерами.

2. Сочетаемость и единая направленность целей и задач участников производственно-предпринимательской сети.

3. Оптимальная скоординированность их действий в пространстве и времени.

4. Взаимная выгодность взаимодействия всех участников производственно-предпринимательской сети.

Выработка адекватной стратегии устойчивого развития предпринимательских сетей предполагает целостное осмысление проблем формирования их конкурентных преимуществ на основе преодоления односторонней интерпретации значимости факторов внутренней и внешней бизнес - среды. Для этого требуется обеспечить удовлетворительное совмещение подходов, сложившихся в рамках ресурсной и рыночной концепции, в зависимости от ситуационных контекстов, на основе динамического анализа траектории движения сети предприятий и различных вариантов изменения рыночного пространства деловой активности во взаимосвязи с организационными инновациями [3]. При этом в зависимости от выбора стратегии развития предпринимательских сетей могут быть получены различные виды предпринимательской ренты - кооперационно-координационная, кооперационно-инновационная или коспециализированная рента [5].

### **Заключение**

Важным элементом формирования производственно-предпринимательской сети является создание единого информационного про-

странства через взаимодействие производственно-предпринимательских структур (генерация и обмен новой информацией; единство финансового, технологического и правового пространства).

### **Библиографический список**

1. Асаул А.Н., Скуматов Е.Г., Локтева Г.Е. Методологические аспекты формирования и развития предпринимательских сетей / Под ред. д.э. н., проф. А.Н. Асаула.-СПб.,2004.

2. Бирюков В. В., Бирюкова В. В. Развитие предпринимательства и хозяйственные изменения в российской промышленности. – Омск: СибАДИ, 2010.

3. Бирюков В. В. Инновации и формирование конкурентных преимуществ автотранспортного предприятия // Вестник СибАДИ. – 2011. - №4 (22).

4. Гапоненко А.Л., Панкрухин А.П. Стратегическое управление - М.: Омега-Л, 2004.

5. Плосконосова В. П., Романенко Е. В. Деловая среда развития малого предпринимательства и формирование источников предпринимательской ренты // Вестник СибАДИ. – 2012. - №1 (23).

6. Романенко Е.В. Формирование благоприятной институциональной среды для развития малого предпринимательства в России: Статья. – Региональная экономика: теория и практика ООО «Издательский дом Финансы и Кредит», 2008.

### **FORMATION OF THE ENTERPRISE NETWORK IN LIGHT INDUSTRY ON THE BASIS OF THE SYSTEM-NETWORK APPROACH**

In article it is a question of a role of the system-network approach to formation of an enterprise network in light industry, and also its specificity and principles are defined at formation of an enterprise network in light industry.

*Боженко Татьяна Александровна - аспирант, старший преподаватель кафедры экономических наук ФГОУ ВПО «Московский университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского» филиал в г. Омске. Основные направления научной деятельности – Экономика, организация и управление предприятиями промышленности. Общее количество опубликованных работ: 14. e-mail: Tbogenko@rambler.ru*



УДК 621.828

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ И СТОИМОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ В КАРЬЕРЕ

В. В. Бирюков, В. Н. Тарасов, И. В. Бояркина

**Аннотация.** Разработана методика определения потребности и стоимости дизельного топлива фронтального погрузчика для переработки заданного объема материала при работе в карьере.

**Ключевые слова:** энергозатраты, энергонасыщенность, расход топлива, производительность, стоимость, затраты, окупаемость.

### Введение

Эффективность применения погрузчиков зависит от условий работы, которые характеризуются временем выполнения полезной работы, простоями, вызванными технологическими и организационными факторами. Число рабочих дней в году получают исключая из общего числа дней праздничные и выходные дни, а также дни, затраченные на техническое обслуживание и ремонт, кроме того нерабочими могут быть дни по метеорологическим и другим причинам.

Фонд рабочего времени фронтальных погрузчиков для разных климатических зон составляет 182 ÷ 209 дней [1]. Общее время работы в часах зависит от времени работы погрузчика в смену ( $t_{см} = 8$  ч). Общее число часов работы погрузчика в году при работе в одну смену колеблется в пределах  $T_{Г} = 1456 ÷ 1672$  ч [2].

### Методика расчета топлива, необходимого для выполнения погрузочно-транспортных работ в карьере

Пусть требуется переработать в карьере  $O_{Г} = 600$  тыс. т материала за год.

Используя заданный годовой объем работы и фонд времени в часах можно вычислить среднюю часовую производительность карьера  $П_{К}$  ( $м^3/ч$ )

$$П_{К} = \frac{O_{Г}}{T_{Г} \rho_{М}}, \quad (1)$$

где  $O_{Г}$  – общий годовой объем работы, кг;  $T_{Г}$  – годовой фонд рабочего времени, ч;  $\rho_{М}$  – плотность сыпного материала,  $\rho_{М} = 1800$  кг/ $м^3$ .

$$П_{К} = \frac{6 \cdot 10^8}{1456 \cdot 1800} = 228,93 \text{ м}^3/ч.$$

Погрузочно-транспортные работы выполняют фронтальные погрузчики, поэтому рассмотрим удельный показатель  $\mathcal{E}_{у}(П_{Т})$  – удельная энергонасыщенность технической производительности погрузчика Дж/( $м^3/ч$ ), определяемый по формуле из работы [2]

$$\mathcal{E}_{у}(П_{Т}) = \frac{N_{е}}{П_{Т}} 3600, \quad (2)$$

где  $N_{е}$  – номинальная мощность двигателя, кВт;  $П_{Т}$  – техническая производительность погрузчика,  $м^3/ч$ .

В формуле (2) размерный коэффициент 3600 (с) позволяет определить условную работу двигателя за 1 ч.

Физическая сущность удельного показателя  $\mathcal{E}_{у}(П_{Т})$  состоит в определении отношения работы двигателя за 1 ч (кДж), к часовой технической производительности ( $м^3/ч$ ).

При дальности транспортирования  $L_{Т} = 40$  м для материала, прочность которого характеризуется удельным сопротивлением копанью  $K_{\sigma} = 0,12$  МПа, приведены значения удельной энергонасыщенности производительности для размерного ряда фронтальных погрузчиков [2]. При изменении грузоподъемности с 2,2 до 75 т происходит увеличение показателя  $\mathcal{E}_{у}(П_{Т})$  удельной энергонасыщенности технической производительности с

3650 до 6728 кДж/(м<sup>3</sup>/ч). Для погрузчика ПК-4  $\mathcal{E}_y(\Pi_T) = 4014$  кДж/(м<sup>3</sup>/ч) [2].

Используя формулу (1) и показатель удельной энергонасыщенности (2) определим мощность погрузочных средств, необходимых для выполнения заданного годового объема работы,

$$N_{e.K} = \frac{\Pi_K \cdot \mathcal{E}_y(\Pi_T)}{3600} \quad (3)$$

Подставляя в (3) исходные данные, найдем

$$N_{e.K} = \frac{228,93 \cdot 4014}{3600} = 255 \text{ кВт.}$$

Для разработки карьера с заданной интенсивностью можно использовать два погрузчика мощностью 132 кВт.

На рис.1. представлены характеристики двигателя ЯМЗ-236М2, где показаны внешние и частичные характеристики эффективного крутящего момента  $M_e(n)$ , часового расхода топлива  $G_T(n)$  и мощности двигателя  $N_e(n)$  [5]. Работа двигателя на внешних характеристиках  $M_e$ ,  $N_e$  и  $G_T$  в условиях эксплуатации маловероятна. Обычные условия работы и квалификация оператора заставляют его использовать частичные режимы, заполняющие внутреннее поле характеристики (см. рис.1.)

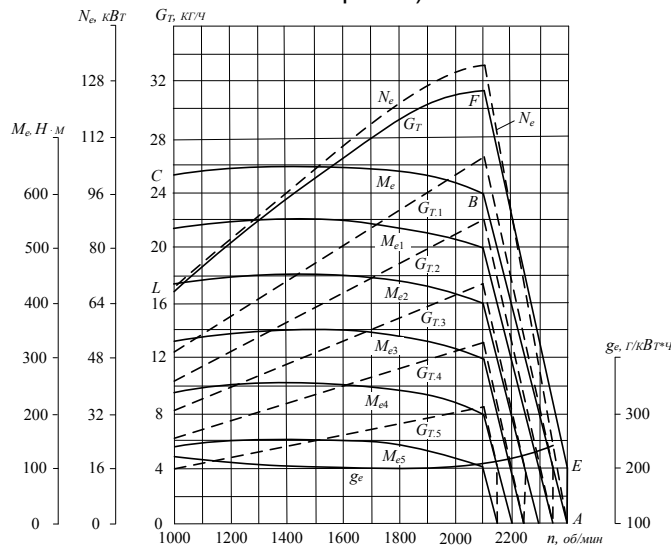


Рис. 1. Методика определения потребности и стоимости дизельного топлива при выполнении погрузочно-транспортных работ в карьере

Часовая потребность расхода дизельного топлива погрузчика  $G_{T.ч}$  (кг/ч) зависит от мощности двигателя и удельного расхода топлива  $g_e$ . Причем  $g_e$  для дизельных двигателей изменяется в пределах  $235 \div 188$  г/(кВт·ч) [3]

$$G_{T.ч} = \frac{N_{e.H} \cdot g_e K_{N.e}}{10^3}, \quad (4)$$

где  $N_{e.H}$  – номинальная мощность двигателя, кВт;  $g_e$  – удельный расход топлива, г/(кВт·ч);  $K_{N.e}$  – коэффициент использования максимальной мощности двигателя,  $K_{N.e} = 0,5 \div 1,0$ .

Наиболее вероятное значение  $K_{N.e}$  для фронтального погрузчика находятся в диапазоне  $K_{N.e} = 0,5 \div 0,8$ .

По формуле (4) получим расход топлива за час

$$G_{T.ч} = \frac{130 \cdot 188 \cdot 0,6}{10^3} = 14,7 \text{ кг/ч.}$$

Расход топлива в смену  $14,7 \cdot 8 = 117,3$  кг/смену.

Годовое количество топлива, требуемое для работы одного погрузчика,

$$G_{T.П.Г} = G_{T.ч} T_G \quad (5)$$

$$G_{T.П.Г} = 14,7 \cdot 1672 = 24578,4 \text{ кг.}$$

Стоимость топлива, израсходованного за год работы, при стоимости топлива  $\mathcal{C}_T = 28$  руб. за 1 кг для погрузчика ПК-4 составляет

$$C_{T.G} = G_{T.P.G} \cdot Ц_T = 688195 \text{ руб.}$$

В настоящее время одним из направлений дальнейшего совершенствования одноконвальных фронтальных погрузчиков является реализация энергосберегающих приводов рабочего оборудования.

Применение энергосберегающего рабочего оборудования, использующего простое техническое решение в виде пневмогидроцилиндра, соединенного с газовым баллоном, заряженным сжатым воздухом при давлении порядка 10 МПа, дает эффект повышения производительности, повышения ресурсосбережения гидросистемы и двигателя погрузчика.

Время  $T_{Ц}$  рабочего цикла энергосберегающего погрузчика уменьшается на  $5,8 \div 9,9$  %.

В среднем увеличение производительности энергосберегающего погрузчика за счет уменьшения времени цикла  $T_{Ц}$  составляет 7,5 %. Одновременно погрузчик с энергосберегающей гидросистемой обеспечивает увеличение коэффициента наполнения ковша  $K_H \geq 1,1$  вследствие реализации дополнительной мощности энергосберегающего пневмогидроцилиндра при черпании материала. В результате сочетания этих факторов общее повышение производительности энергосберегающего погрузчика составляет 17,5 % в средних условиях работы.

Затраты на создание энергосберегающего гидропривода погрузчика, состоящие из стоимости мобильного компрессора, стоимости пневмогидроцилиндра и стоимости газового баллона, соответственно имеют вид:

$$C_{ЭСГП} = C_K + C_{П.Г.Ц} + C_{Г.Б} = 70 + 20 + 15 = 105 \text{ тыс. руб.}$$

Повышение производительности фронтального погрузчика на  $\delta_T = 17,5$  % дает годовую экономию топлива в размере  $\mathcal{E}_T(t) = C_{T.G} \delta_T = 120434$  руб. Следовательно затраты на внедрение энергосберегающей системы на погрузчике окупаются менее чем за год эксплуатации.

Дальнейшая эксплуатация погрузчика с ЭСГП дает чистую прибыль за счет экономии дизельного топлива. При этом возникают другие сопутствующие источники повышения эффективности погрузчика за счет повышения надежности двигателя, гидронасосов и др., которые в данной статье не рассматриваются.

Выполним расчет стоимости топлива при работе погрузчика ПК-75 (грузоподъемностью 75 т).

При числе рабочих дней в году 182 дня, годовой фонд при односменной работе составит  $T_r = 1456$  ч.

Пусть требуется переработать за год  $O_r = 5$  млн. т материала.

Производительность карьера по формуле (1)

$$П_K = \frac{5 \cdot 10^9}{1456 \cdot 1800} = 1908 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Мощность погрузочных средств, необходимая для выполнения заданного годового объема работы, определяется по формуле (3)

$$N_{e.K} = \frac{1908 \cdot 6728}{3600} = 3565,5 \text{ кВт.}$$

В данном случае можно использовать один большегрузный погрузчик при двухсменной работе. Погрузчик ПК-75 имеет мощность двигателя  $N_e = 1693$  кВт.

Часовая потребность расхода дизельного топлива одного погрузчика определяется по формуле (4)

$$G_{T.P} = \frac{1693 \cdot 188 \cdot 0,5}{10^3} = 159,1 \text{ кг/ч.}$$

Расход топлива при работе в две смены равен  $159,1 \cdot 16 = 2545,6$  кг.

Годовая потребность в топливе при двухсменной работе определяется по формуле (5)

$$G_{T.P.G} = 159,1 \cdot 2912 = 463299 \text{ кг.}$$

Стоимость топлива при цене 28 руб. за 1 кг, израсходованного одним погрузчиком при двухсменной работе за год определяется по формуле

$$C_{T.G} = G_{T.P.G} \cdot 28 = 12,972 \text{ млн. руб.}$$

Стоимость погрузчика Le Torneau L-2350 составляет 7,9 млн. \$. Объем топливного бака 4000 л, который расходуется в течение трехсменной работы за 1 сутки при непрерывной работе в карьере. Одна заправка бака дизельным топливом составляет 95200 руб.

Разработанный метод обеспечивает адекватность выполняемых расчетов с погрешностью не более 9% в заданных эксплуатационных условиях.

#### Выводы

Разработанная методика, позволяет определять мощность двигателя погрузчика, число погрузчиков и потребность топлива, необхо-

димые для выполнения заданного объема работ в карьере.

Расход топлива фронтального погрузчика зависит от коэффициента использования мощности двигателя, организационных, технологических и других эксплуатационных факторов.

Затраты на внедрение энергосберегающего привода рабочего оборудования погрузчика ПК-4 окупаются менее чем за один год эксплуатации погрузчика за счет стоимости сэкономленного дизельного топлива.

### Библиографический список

1. Чебанов Л. С. Эффективность применения погрузчиков в строительстве /Л.С. Чебанов. – Киев: Будивельник, 1987. – 80 с.
2. Бояркина И. В. Технологическая механика одноковшовых фронтальных погрузчиков: монография /И.В. Бояркина. – Омск: СибАДИ, 2011. – 336 с.
3. Стуканов В. А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля /В.А. Стуканов. – М.: ИД «Форум»; Инфра-М, 2007.–368 с.
4. Шафранский В. Н. Определение потребности в строительных машинах/ В. Н. Шафранский, А. Е. Чистяков. –3-е изд., перераб. и доп. –М.: Стройиздат, 1983.–144 с.
5. Бояркина И. В. Методика аналитического расчета частичных скоростных характеристик крутящего момента и часового расхода топлива двигателей внутреннего сгорания /И. В. Бояркина //Материалы Всероссийской научно-технической конференции (с международным участием).–Омск: СибАДИ.– 2011. Кн. 2. –С. 481–485.

### METHOD OF DETERMINING THE NEEDS AND COST OF DIESEL FUEL IN LOADING AND TRANSPORT OPERATIONS IN A CAREER

V. V. Biryukov, V. N. Tarasov, I. V. Boyarkina

A method for determining the need and cost of diesel fuel front-end loader to process a given volume of the material while working in the quarry.

*Бирюков Виталий Васильевич – д.э.н., профессор Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное направление научных исследований – экономика строительства, технология строительства. Имеет 182 опубликованных работ.*

*Тарасов Владимир Никитич – д.т.н., профессор Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное направление научных исследований – теоретическая механика, механика строительных машин. Общее количество опубликованных работ: 218 . e-mail: Tarasov\_vladimir@list.ru*

*Бояркина Ирина Владимировна – к.т.н., доцент Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное направление научных исследований - аналитическое проектирование энергосберегающего рабочего оборудования стреловых погрузочно-транспортных машин. Общее количество опубликованных работ: 62. e-mail: iriboyarkina@yandex.ru.*

УДК 330.342.3:005.591.6:(571.13)

## РЕАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

З. В. Глухова, А. И. Фомина

**Аннотация.** В статье определены основные инновационные факторы, характерные для отечественной экономики; выявлены основные проблемы, препятствующие инновационной направленности развития экономики; уточнена система оценочных показателей инновационного развития; проработаны вопросы, связанные с созданием кластерной модели экономики в Омской области и ее преимуществами для региона.

**Ключевые слова:** инновационные факторы, индикаторы инновационной стратегии, инновационно - активные предприятия, кластерная модель экономики.

### Введение

Инновационная деятельность направлена на создание и вовлечение в экономический оборот результатов научных исследований, опытных конструкторских работ, новых или

усовершенствованных видов продукции и технологий. Это деятельность, в которую привносятся новое (знания, технологии, приемы, подходы) не новизны ради и не с целью подтверждения возможности практического ис-

пользования нового, а исключительно для получения результата, отличающегося высокой востребованностью (социально-общественной, рыночной, оборонной и т.п.).

Инновационность региона определяется его активностью, деятельным участием в инновационной деятельности, которая находит отражение в экономической деятельности, конкретизированной в виде производства и использования инноваций.

Основные инновационные факторы:

- уровень развития науки;
- инновационный уровень разработки и внедрения достижений НТП в регионах;
- интеллектуально – образовательный уровень населения.

Главной задачей для регионов Сибири, как в целом для России, является создание эффективной конкурентоспособной инновационной системы.

Специалисты, чаще всего, называют следующие трудности на этом пути:

1) недостаточная диверсификация экономики, низкая доля высокотехнологичного сектора в промышленности, строительстве и агропромышленном комплексе;

2) неразвитость инновационной инфраструктуры и инновационного предпринимательства;

3) слабая интеграция субъектов инновационной деятельности;

4) низкий уровень востребованности результатов научной деятельности в экономике макрорегиона;

5) низкая инновационная активность предприятий;

6) низкая доля экспорта высокотехнологичной продукции.

Целевыми индикаторами инновационной стратегии являются: коэффициент изобретательской активности (число отечественных патентных заявок на изобретения, в расчете на 10 000 населения), - число созданных передовых производственных технологий; - удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме экспорта товаров, работ, услуг, %; - объем товаров, работ, услуг, связанных с нанотехнологиями, млрд. руб.

Оценка инновационных процессов в реальном секторе экономики Сибири (инновационная активность предприятий, выпуск новой продукции и число использованных передовых производственных технологий, технологический обмен) развиваются медленнее, чем в Российской Федерации. Доля инновационно - активных предприятий в Сибирском федеральном округе в 2008 г. составляла 7,7 % от

общего числа предприятий и организаций (в России – 9,4 %), а объем инновационной продукции – 2,1 % от общего объема отгруженных товаров (работ, услуг) (в России – 5 %). Затраты на исследования и разработки в производственном секторе составляли в этот период менее 1 % по отношению к объему продаж. Для справки: доля инновационно - активных предприятий в 2006 г. в Ирландии составляла- 75 %, Канаде, Германии, Австралии – более 60 %, Мексике – 46 %, Венгрии – 28 %.

Основная часть

В Омской области число организаций, выполнявших исследования и разработки, после 2000 года снизилось с 54 до 40. За последние 5 лет их количество остается на уровне 43-40. В 2008 году их количество составляло 95 % от уровня 2006 года. Число организаций, выполнявших исследования и разработки, за последние годы в соседних с Омской областью регионах стабилизировалось или сократилось на 3-4 %. В среднем по России темпы роста этого показателя составили всего лишь 1,01. Число инновационно- активных организаций за 5 лет увеличилось более чем в полтора раза. По уровню инновационной активности, то есть доли инновационно- активных предприятий (около 6 %) и по объёму новой продукции в них (порядка 8 %) область находится на уровне среднего значения этого показателя по стране. Стоимость отгруженной инновационной продукции крупными и средними промышленными предприятиями Омской области в 2008 году увеличилась по сравнению с 2007 годом на 40 % и составила 5168,3 млн. руб. Поступления патентных заявок на изобретения и полезные модели в Омской области составили в 2008 году 404 (262+142) заявки, что на 34 % больше, чем в 2000 году. Выдано 292 (182+110) охранных документа (изобретения и полезные модели), что составляет 95 % от уровня 2000 года. По количеству на душу «изобретающего человека» это не меньше, чем в традиционно научных центрах – Новосибирске и Томске.

В 2009 году число использованных в регионе передовых технологий превысило четырёхтысячный рубеж. По этому показателю Омская область является лидером в Сибирском федеральном округе. Доля организаций, осуществлявших инновационную деятельность, в общем числе организаций, в 2009 году составила 6 %, увеличившись на 3,4 % по сравнению с 2008 годом.

Доля инновационных товаров в Омской области в 2010 году соответствовала 5,8 % в общем объёме отгруженных товаров, выпол-

ненных работ и услуг организаций промышленных производств и выросла по сравнению с 2009 годом на 26 %. Основную долю в общем объеме отгруженных инновационных товаров составляло производство электрического, электронного и оптического оборудования. Патентов в 2010 году выдано на 12 % меньше, чем в 2009[1]

В экономике региона происходят качественные изменения, связанные с диверсификацией и модернизацией производства, созданием новых отраслей, усилением инновационной направленности. Объем инновационной промышленной продукции в 2010 году по сравнению с 2000 годом увеличился в 50 раз.

Инновационная активность в Омской области не случайна. На данный момент времени Правительство Омской области уделяет большое внимание развитию инновационной деятельности в регионе. Целью государственной политики Омской области в сфере инноваций является создание благоприятных условий для формирования новых знаний, технологий, повышения инновационной активности в экономике на основе внедрения и использования передовых технологий и расширения кооперации предприятий и научно-образовательных учреждений, увеличения удельного веса инновационной продукции, как в производстве промышленной продукции, так и в её экспорте, нивелирование рисков снижения научного, образовательного и инновационного потенциала Омской области.

Для реализации данной цели большое внимание оказывают развитию приоритетных направлений образования, науки, технологии и техники, развитию малого инновационного бизнеса и инновационной инфраструктуры, в первую очередь, за счёт дальнейшего развития финансовых институтов, обеспечивающих непрерывность финансирования бизнес-проектов на всех стадиях инновационного цикла. Государственная поддержка осуществляется также через систему государственных закупок как инструмент создания спроса на инновационную продукцию и технологии. В рамках грантовых конкурсов создаются механизмы стимулов к инновационной деятельности, в том числе через предоставления субсидий предприятиям на возмещение части затрат, связанных с оплатой услуг по выполнению обязательных требований законодательства РФ и (или) законодательства страны-импортёра, являющихся необходимыми для экспорта товаров (работ, услуг), в том числе работ по сертификации, регистрации или другим формам подтверждения соответствия.

В Омской области в последнее время активно обсуждается создание новой кластерной модели экономики. Данная модель позволит максимально задействовать имеющийся в Омской области промышленный и научно-интеллектуальный потенциал. Сделана ставка на местные сырьевые ресурсы, на современные технологии и модернизацию экономики области. По проекту «ПАРК», принятому в 2010 году, вокруг головных предприятий будет образована цепочка инновационных производств, способных оперативно реагировать на потребности рынка. Проект объединит четыре промышленных кластера, среди которых будет агропромышленный кластер, который предполагает создание комплексного производства с применением технологий глубокой и комплексной переработки зерновых и растительной биомассы на основе биотехнологий, микробиологического синтеза и нанотехнологий. Кроме того, кластер будет включать птицефабрику, мясоперерабатывающее предприятие, комбикормовый завод. Нефтехимический кластер - второе направление проекта. Стратегия развития этого системообразующего нефтехимического холдинга будет направлена на модернизацию существующих производств и диверсификацию сырья за счет применения так называемых «зеленых» технологий, а также на введение новых производственных мощностей. В данный кластер будут входить полипропиленовый завод, завод по производству этил - трет – бутилового эфира, а также цепочка производств по полному циклу переделов кремния. И, наконец, лесопромышленный кластер, который даст мощный толчок к развитию северных территорий региона, где имеются богатейшие запасы древесного сырья, с ежегодным переизбытком производства в объеме 4 – 5 млн. куб. метров. Промышленное освоение технологий биохимической и бесхлорной переработки древесины позволит организовать производство высококачественной бумаги, упаковки, древесно-полимерных композитов. В перспективе развитие лесопромышленного кластера направлено на производство широкого ассортимента ценных продуктов и сырья для медицины, фармацевтической, парфюмерно-косметической, пищевой, химической отраслей и сельского хозяйства.

Идея повышения конкурентоспособности национальной экономики на основе реализации кластерных стратегий не нова. Но на этапе выхода из кризиса, когда традиционные методы диверсификации уже не могут дать должной отдачи, использование кластерной

модели организации бизнеса в качестве адекватного инструмента модернизации экономики не имеет альтернативы. Взаимообусловленность и взаимосвязи между процессами кластеризации, усиления конкурентоспособности и ускорения инновационной деятельности – это новый экономический феномен, который позволяет противостоять натиску глобальной конкуренции и должным образом отвечать требованиям национального и регионального развития.

В экономическую литературу понятие «кластер» было введено Майклом Портером (1990 год), согласно которому кластер – это сконцентрированные по географическому признаку группы взаимосвязанных компаний, поставщиков, фирм в соответствующих отраслях, а также связанных с их деятельностью организаций (например, университетов, агентств по стандартизации, а также торговых объединений) в определенных отраслях, концентрирующихся, но вместе с тем ведущих совместную работу. Таким образом, в кластере группа географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций должна действовать в определенной сфере, характеризоваться общностью деятельности и взаимодополнением.[2]

Кластерный подход радикальным образом изменяет содержание государственной промышленной политики: усилия органов власти направляются не на поддержку отдельных предприятий, а на развитие системы взаимоотношений между поставщиками и производителями, между конечными потребителями и производителями, между самими производителями и государственными институтами.[3]

В последние два десятилетия процесс формирования кластеров в мировой экономике происходил довольно активно. В целом, по оценке экспертов, к настоящему времени кластеризацией охвачено около 50 % экономик ведущих стран мира. К примеру, по данным на 2010 год в США в рамках кластеров работало больше половины предприятий, а доля ВВП, производимого в них, превышала 60 %. В ЕС насчитывается свыше 2 тыс. кластеров, в которых занято 38 % его рабочей силы.[4]

В настоящее время в России существует множество «спонтанных» кластеров – протокластеров, образованных вокруг ключевых отраслей промышленности (химической, нефтегазовой, металлургии, машиностроения, информатики и др.). Но эти структуры значительно отличаются от западных кластеров с наличием конкуренции и хорошо отлаженной системой взаимосвязей, где использование

кластерного подхода к управлению экономикой уже имеет определенную историю. К примеру, в США больше половины предприятий работают по кластерной модели производства: предприятия кластера находятся в одном регионе и максимально используют его природный, кадровый и интеграционный потенциал.

В СССР существовали научно-производственные комплексы и территориально-производственная кооперация. Однако плановая система и отраслевой принцип управления экономикой накладывали жесткие ограничения на их деятельность. Например, выбор поставщика зачастую определялся не интересами предприятия, а распоряжением «сверху». В результате комплектующие изделия, которые производились в регионе, завозились из других республик.

Главным отличием кластера от территориально-производственного комплекса является то, что кластер максимально учитывает рыночный механизм, он может быть эффективным только тогда, когда создается по инициативе самих предприятий для повышения своей конкурентоспособности.

Кластерная модель развития экономики дает ряд преимуществ региону:

1. Возможность создания 30 тысяч новых рабочих мест (по проекту).
2. Создается возможность организации производств, которые могут стать конкурентными не только на российском, но и на мировом уровне, что актуально на фоне вступления России в ВТО.
3. Строительство наукоемких производств позволит увеличить налоговые поступления в бюджет региона.

#### Закключение

Кластерная система развития является формой инновационной экономики, для реализации которой требуются люди с креативным мышлением, с духом свободы и конкуренции. Поэтому перед регионом стоит задача не просто эффективнее использовать интеллектуальный потенциал территории, а стать ведущим центром образования, исследований и разработок.

Для этого в рамках системы образования Омской области в вузах действуют следующие инновационные, внедренческие структуры: межвузовский инновационный бизнес-инкубатор для студентов, аспирантов и научных работников при ОмГУ, деловой центр «Фабрика бизнеса» ОмГТУ, НП «Технопарк» СибАДИ и др. Бизнес-инкубаторы при вузах, а также при учреждениях среднего профессио-

нального образования активно содействуют развитию инноваций, объединяясь с другими структурами. Вузы готовят высококвалифицированный персонал, который участвует в инновационном процессе, работая уже на конкретных предприятиях реальной экономики. Данные инновационные действия прививают интерес к науке у молодежи.

Проанализировав все выше сказанное можно сделать вывод, что усилия региональных властей направлены на создание благоприятных условий для активизации процесса создания и развития инновационной экономики и Омская область становится на путь инновационного развития.

### Библиографический список

1. Омский областной статистический ежегодник: Стат. сб.: в 2 ч. Ч. II. Омкстат. – Омск, 2011. – 409с.
2. Юрьев В. Кластерная экономика Омской области. /Континент Сибирь, №13 (655), 2010.- с.3.
3. Портер М. Международная конкуренция. Конкурентные преимущества стран. – М.: Международные отношения, 1993.- 896с.
4. Лизунов В. В, Соловьев А. А., Ерофеев Ю. В. Кластеры и кластерные стратегии: Монография. – Омск: Омское книжное изд-во, 2010.-260с.
5. Кластерная политика. Регионы. – Международный деловой портал «Инвестиции. Инновации. Бизнес» [Электронный ресурс]. – Режим досту-

па://www.spb - venchur.ru.(дата обращения: 21.12.2011).

### REALITY AND PROSPECTS OF THE OMSK REGION INNOVATIVE DEVELOPMENT

Z. V. Glukhova, A. I. Fomina

The article presents major innovative factors typical for the domestic economy. Main problems barring the innovative development are identified. A system of estimated figures of innovative development is specified. Some aspects of making the Omsk region economy cluster model and its benefits for the region are studied.

*Глухова Зоя Владимировна – канд. экон. наук, профессор, заведующая кафедрой «Общая экономика и право» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Основное направление научных исследований – инновационные аспекты современной экономики. Общее количество опубликованных работ -107. E-mail: gluhova.z@yandex.ru.*

*Фомина Анастасия Игоревна – студентка 4 курса факультета « Экономика и управление», гр.ЭУТ-08Э1, ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Основное направление научных исследований - современные аспекты инновационных процессов в России. Общее количество опубликованных работ-2.E-mail: fomina.2804@mail.ru.*

УДК 339:339.924

## КОНЦЕПЦИЯ КОНКУРЕНТНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А. Л. Карпов

**Аннотация.** В данной статье сформулированы теоретические положения концепции конкурентного пространства предпринимательской деятельности. Рассмотрен механизм обеспечения конкурентоспособности предпринимательской структуры, как подсистема внутри хозяйствующего субъекта, которая создает условия, управляет и изменяет происходящие процессы в ответ на определенные сигналы внешней среды.

**Ключевые слова:** конкуренция, конкурентное поведение, конкурентное пространство, предпринимательство.

### Введение

Отношение к вопросам конкуренции и конкурентоспособности предпринимательских структур, несмотря на большое количество научных исследований, где всесторонне исследуется данная проблема, остается неоднозначным. В теоретическом плане можно выделить два основных направления в изучении конкуренции: в центре внимания первого

направления выступают конкурентные отношения, в центре внимания второго направления - конкурентоспособность.

В рамках первого направления исследователи рассматривают конкуренцию с точки зрения конкурентных отношений, и здесь выделяют три основных подхода к изучению конкуренции: поведенческий, структурный и функциональный. [1] По мнению автора, осо-



бую ценность с точки зрения обеспечения конкурентоспособности предпринимательских структур представляют исследования в области структурного подхода. Представители данного подхода исследовали влияние различных факторов, которыми характеризуются конкретные отраслевые рынки, на экономическую результативность. Множество исследований в данной области привело к формированию теории отраслевых рыночных структур, в рамках которой рассматривалась система причинно-следственных взаимосвязей «Базовые условия в отрасли – Структура рынка – Поведение предпринимательских структур – Результативность».

В рамках второго направления исследователи рассматривают конкуренцию с точки зрения управления конкурентоспособностью предприятия. Для этой цели используется методология сравнительного анализа, который позволяет определить конкурентоспособность исследуемого предприятия относительно других предпринимательских структур. В рамках этого научного направления произошел переход от теории конкурентных преимуществ к теории конкурентоспособности, в рамках которого сравнение по отдельным характеристикам сменилось на многостороннюю сравнительную оценку конкурентов.

Анализ существующих теоретико-методологических подходов к изучению конкуренции и конкурентного состояния предпринимательских структур, который выявил предпосылки для формирования теории обеспечения конкурентоспособности предпринимательских структур. Необходимо сместить центр внимания с ретроспективной оценки текущего положения на изучение механизма создания и обеспечения конкурентоспособности, которым обладает рассматриваемая предпринимательская структура.

### **Основная часть**

Возникновение конкурентных преимуществ и конкурентоспособности или наоборот ослабление конкурентных позиций рассматриваемой предпринимательской структуры – это ответная реакция системы экономических отношений на конкурентные действия всех экономических субъектов, вовлеченных в предпринимательскую деятельность отрасли.

Обеспечение конкурентоспособности – это механизм обратной связи, который реагирует, прежде всего, на отклонения от ожидаемых результатов деятельности. Механизм обеспечения конкурентоспособности можно рассматривать как подсистему внутри хозяйствующего субъекта, которая создает условия, управляет и изменяет происходящие процессы в ответ на определенные внешние сигналы.

Конкурентное пространство предпринимательской деятельности – это упорядоченная совокупность внешних рыночных условий, возможностей и интересов участников рынка, которая определяет ограничения для субъектов предпринимательской деятельности. Как любая система конкурентное пространство предпринимательской деятельности представляет собой набор структурных элементов и взаимосвязей между ними. Объектом управления в конкурентном пространстве предпринимательской деятельности выступают предпринимательские структуры, которые участвуют в конкурентном процессе в рамках определенного отраслевого рынка. [2]

Конкурентное пространство предпринимательской деятельности оказывает влияние на предпринимательскую структуру и определяет работу механизма обеспечения конкурентоспособности и, следовательно, результат этой работы. С одной стороны, конкурентное пространство создает саму возможность существования данного вида хозяйственной деятельности или предприятия, с другой стороны, оно противостоит предприятию, периодически создавая условия, направленные на ухудшение его положения. Предпринимательская структура сохраняют свою устойчивость, пока ее собственная организация достаточна для сопротивления воздействию экзогенных условий.

Механизм развития конкурентного пространства предпринимательской деятельности можно представить в виде системы координаты предпринимательских структур, которая формируется в результате структурных и институциональных преобразований и оказывает влияние на механизм обеспечения конкурентоспособности предпринимательских структур (см. рис. 1).

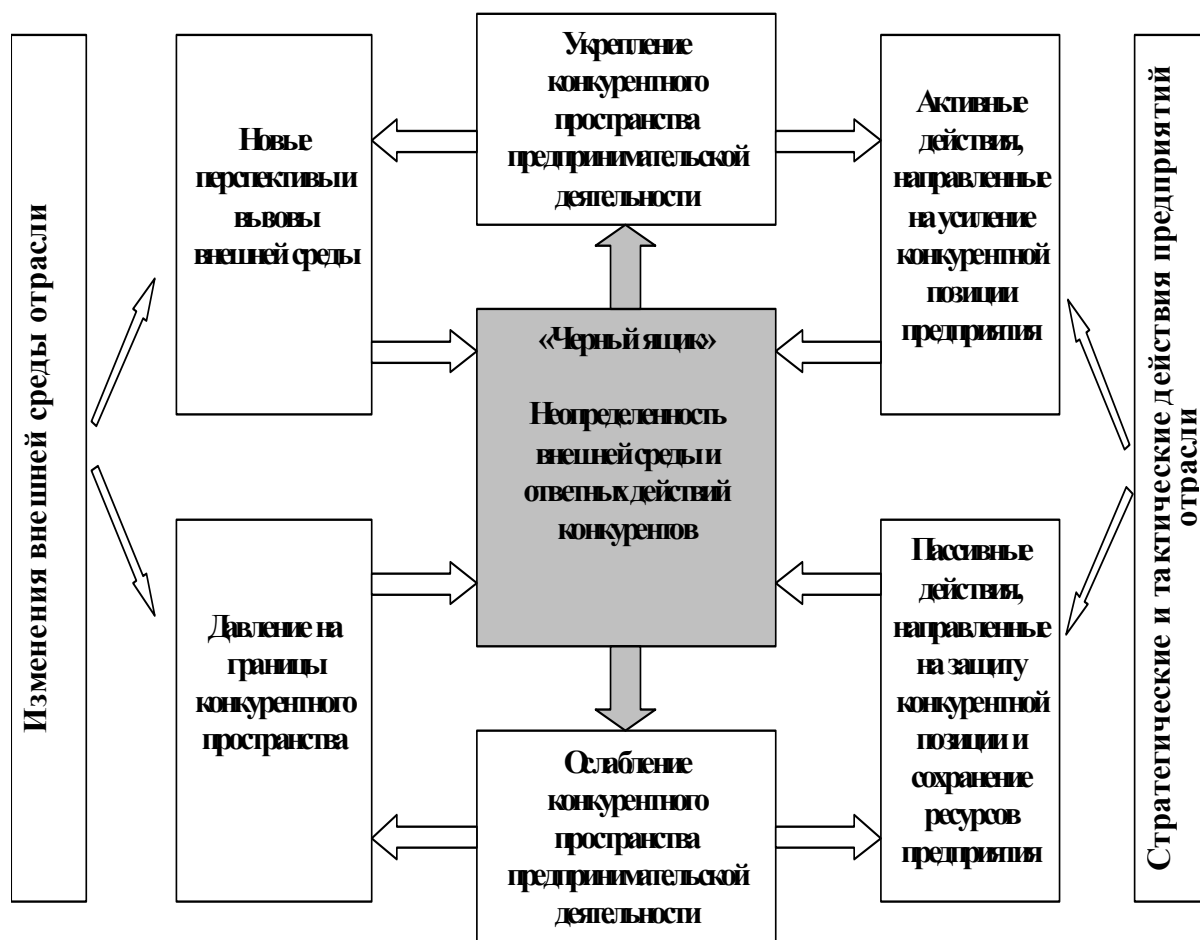


Рис. 1. Механизм развития конкурентного пространства предпринимательской деятельности

Развитие конкурентного пространства – это самовоспроизводящийся процесс, внутри которого изменение конкурентного пространства предпринимательской деятельности происходит под влиянием двух противоположно направленных сил. С одной стороны – это динамика внешней среды отраслевого рынка, которая может создавать новые перспективы для развития предприятий отрасли или, наоборот, оказывать давление на границы конкурентного пространства. С другой стороны – это стратегические и тактические действия предприятий отрасли, которые могут быть активными и направленными на усиление конкурентной позиции предприятия или пассивными и направленными на защиту существующей позиции. Действие этих противоположно направленных сил корректируется с учетом неопределенности внешней среды и ответных действий со стороны конкурентов и может привести как к усилению, так и к ослаб-

лению конкурентного пространства предпринимательской деятельности.

Предпринимательская структура способна до какого-то предела сопротивляться внешним и внутренним воздействиям, не изменяясь в целом. Тем не менее, это не значит, что предприятие и его конкурентное поведение не меняются вообще: устойчивость предпринимательской структуры ни в коей мере не противоречит тому факту, что она претерпевает изменения. Имеющийся в распоряжении организации набор альтернатив непрерывно меняется. Изменения обычно состоят из адаптационных действий в рамках допускаемых возможностей. При этом сумма изменений всех рыночных субъектов приводит к возникновению определенного устойчивого состояния.

В конкурентном пространстве внутренние и внешние связи предпринимательских структур постоянно меняются, меняются условия функционирования устоявшихся структур управления, меняются их элементы и субор-

динация. Расширение ассортимента предлагаемых товаров и услуг, повышение требований покупателей, сокращение жизненного цикла продуктов, активное развитие технологий, увеличение объемов и скорости получения информации, появление новых конкурентоспособных предпринимательских структур – все эти и другие изменения, происходящие в конкурентном пространстве предпринимательской деятельности, вынуждают предприятия искать новые подходы для их управления.

В целом развитие конкурентного пространства предпринимательской деятельности – это непрерывный процесс количественно-качественных изменений и преобразований путём отбора и закрепления таких форм конкурентного поведения предпринимательских структур, которые в наибольшей мере способствуют их выживанию и преимущественному развитию по сравнению с конкурентами. Неопределенность и неустойчивость конкурентного пространства, глубина и скорость происходящих преобразований внешней среды задает требования к системе обеспечения конкурентоспособности предпринимательской структуры, которая позволяет адаптироваться не только к текущим условиям, но и обеспечивать устойчивость в долгосрочном периоде. [3]

В отличие от показателей результативности, которые всегда выступают в качестве целей для менеджмента и собственников бизнеса, создание системы обеспечения конкурентоспособности можно рассматривать как самостоятельную цель предпринимательской структуры только при возникновении определенных условий. В условиях жесткой конкуренции, когда рынок характеризуется плотным взаимодействием и взаимосвязью хозяйствующих субъектов, состязательностью за ограниченный объем ресурсов и платежеспособного спроса потребителей, конкурентоспособность является необходимым условием для достижения адекватных развитию рынка результатов. В условиях отсутствия конкуренции и защищенности рыночной ниши высокими входными барьерами собственники и руководство считают положение предпринимательской структуры устойчивым и не рассматривает создание механизма обеспечения конкурентоспособности в качестве самостоятельной цели развития.

Механизм обеспечения конкурентоспособности – это система процессов обратной связи, который приводит к тому, что результат функционирования отдельной предпринимательской структуры влияет на характер этого функционирования. (см. рис. 2).

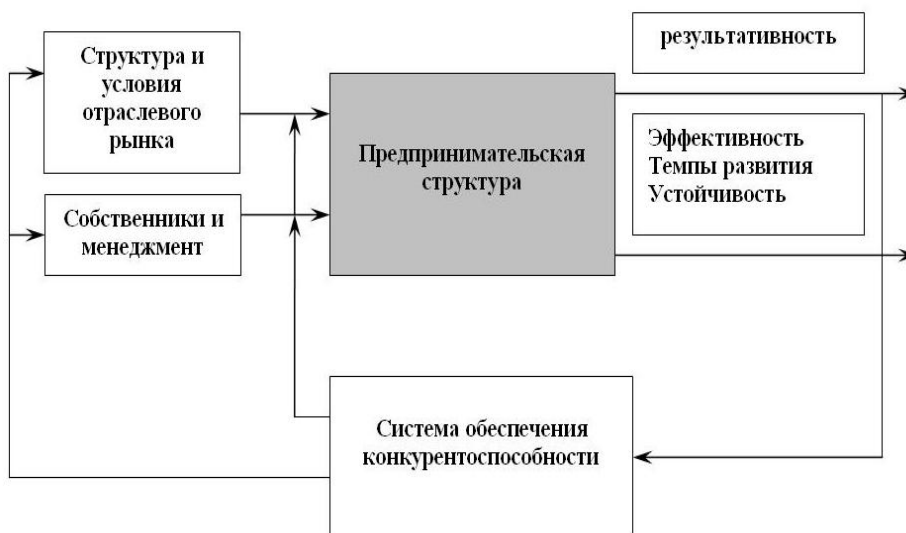


Рис. 2. Система обеспечения конкурентоспособности предпринимательской структуры

В системе конкурентного пространства предпринимательской деятельности предпринимательскую структуру нельзя рассматривать как одномерную структуру, которая имеет один вход, через который на нее оказывается

управляющее воздействие со стороны собственников и менеджмента (т.е. структуры управления хозяйствующего субъекта), и один выход в виде показателей результативности (доходов, прибыли и т.д.). Основным внешним

воздействием на предпринимательскую структуру оказывает структура отрасли, а также множество факторов, которые формируют специфику спроса и предложения в отрасли. Управляющее воздействие со стороны собственников и менеджмента также имеет место быть, но оно будет эффективным только в том случае, если соответствует другим внешним воздействиям, которые формирует конкурентное пространство отрасли. Поэтому большинство управляющих воздействий со стороны структуры управления хозяйствующего субъекта носит характер адаптивного регулирования.

Адаптивное регулирование представляет собой частный случай управления, которое направлено на приведение работы предпринимательской структуры в соответствие с динамикой и воздействиями отраслевого рынка. Задачи адаптивного регулирования выполняет система оперативного управления предпринимательской структуры, которая находит отклонение реального результата от идеального образца и в рамках текущих правил корректирует деятельность системы. В результате адаптивного регулирования предпринимательская структура выходит на целевой уровень результативности, несмотря на негативные воздействия со стороны отраслевого рынка (например, вопреки конкурентным действиям со стороны других участников отраслевого рынка). Стратегическое управление направлено на переход предпринимательской структуры на новый качественный уровень с большими возможностями и новым уровнем целей. Стратегическое управление на основе выявленного отклонения производит изменение текущей структуры и правил к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды.

Систему обеспечения конкурентоспособности можно рассматривать как подсистему внутри предприятия, которая управляет и изменяет происходящие процессы в ответ на определенные внешние сигналы. Несовершенные действия и консервация неэффективности могут быть результатом как несовершенства самой системы обратной связи (т. е. фактически системы управления предприятием), так и неправильных сигналов.

Естественно отраслевой рынок и структура управления хозяйствующего субъекта могут создавать сигналы разного качества. Полезные сигналы отражают реальное изменение спроса, предложения и структуры отраслевого рынка и поэтому их можно использовать для того, чтобы сформировать экономически целесообразные управленческие дейст-

вия. Другие сигналы не отражают ключевые изменения конкурентного пространства отраслевого рынка и могут стать помехой и отклонить управление в направлении неэффективного развития. Разделению полезных и отклоняющих сигналов препятствует такой важный набор факторов, который определяет неопределенность внешней среды.

Выходные сигналы характеризуют состояние предпринимательской структуры, степень достижения целей и соответствие ее развития динамике внешней среды. Подход к оценке деятельности предпринимательской структуры с точки зрения конкурентного пространства предполагает рассмотрение нескольких выходных сигналов, которые оказывают влияние на систему обеспечения конкурентоспособности. Одним из выходных сигналов являются показатели результативности предпринимательской структуры. Они возникают, как итог прямых воздействий со стороны внешней среды и внутренних управляющих воздействий. Показатели результативности – это сигналы, которые отражают информацию о достижении поставленных задач и результатов управления.

Однако отклонение по показателям результативности недостаточно для системы обеспечения конкурентоспособности предпринимательских структур. Большее значение имеют другие выходные сигналы, отклонения по которым позволяют скорректировать конкурентное поведение и привести его в соответствие с динамикой отраслевого рынка:

во-первых, предпринимательская структура должна иметь сравнимый с конкурентами уровень эффективности, чтобы производить товары или услуги с приемлемым для рынка уровнем затрат, в необходимом ассортименте и объемах;

во-вторых, темпы развития предпринимательской структуры должны быть сопоставимы или выше, чем у конкурентов;

в-третьих, рыночное положение предпринимательской структуры должно быть устойчивым, которое должно характеризоваться запасом прочности на случай допустимых изменений спроса на продукцию, стоимости ключевых ресурсов и затрат, вхождения новых конкурентов.

Система обеспечения конкурентоспособности предпринимательской структуры использует отклонения полученных результатов от ожидаемых для формирования нового управляющего воздействия. Когда достигаются поставленные цели и результативность находится в пределах допустимых отклонений, то нет необходимости искать другие ва-

рианты действий, менять текущие цели и методы работы. Если ключевые поставленные цели не достигнуты, возникает неустойчивое состояние и в таких условиях осуществляется поиск новых управленческих решений. В первую очередь, поиск осуществляется среди уже существующего набора методов решения возникшей проблемы. Здесь могут быть два варианта: во-первых, поиск и отбор осуществляется в положительном прошлом опыте конкурентного поведения самого предприятия; во-вторых, происходит поиск внешних эффективных образцов деятельности на примере других экономических агентов. Если новые методы управленческого воздействия подобраны удачно, то цель в достижении необходимого уровня результативности деятельности предпринимательской структуры достигается и предприятие возвращается в устойчивое состояние.

Интерес представляют причины, которые вынуждают предпринимательские структуры принципиально новые формы конкурентного поведения. В некоторых случаях может возникать ситуация, когда нет подходящих внешних или внутренних примеров для формирования новых управленческих действий, направленных на решение проблемы. В таком случае встает вопрос о разработке принципиально новых методов создания конкурентных преимуществ. Чаще всего причиной отсутствия подходящих примеров для принятия решения является недостаток информации, который не позволяет найти готовый образец оптимального конкурентного поведения. Но в некоторых случаях такая ситуация может быть объяснена тем, что рассматриваемый вид предпринимательской деятельности, который необходимо осуществить в связи с новыми условиями, ещё никогда и никем не осуществлялся.

### **Заключение**

Таким образом, подход к изучению системы управления предпринимательскими структурами со стороны конкурентного пространства предпринимательской деятельности дает возможность по-новому определить такие категории как «конкурентоспособность» и «конкурентное преимущество». Как экономическая категория конкурентоспособность предпринимательской структуры представляет собой систему характеристик, которые в комплексе позволяют эффективно вести конкуренцию с другими предпринимательскими структурами и достигать оптимальных рыночных результатов.

Конкурентоспособность представляет собой способность предпринимательской структуры создавать и использовать конкурентные преимущества с целью удержания и усиления собственной позиции среди соперничающих предпринимательских структур. Следовательно, ключевым звеном системы обеспечения конкурентоспособности выступает конкурентное преимущество предпринимательской структуры. В работе обосновывается, что категория «конкурентное преимущество» требует уточнения. Традиционно конкурентное преимущество рассматривается как определенная ценность или компетенция, присущая предпринимательской структуре, которая отличает ее от конкурирующих предпринимательских структур. Результатом такого широкого определения конкурентного преимущества являются методики оценки конкурентоспособности, состоящие из большого количества частных показателей эффективности. Однако, множество факторов, которые оказывают влияние на результативность предпринимательской структуры и по которым она опережает конкурентов, обычно являются общими и универсальными для любых отраслевых рынков и для любых предприятий и характеризуются слабой силой влияния с точки зрения обеспечения конкурентоспособности.

В качестве конкурентных преимуществ в общей массе факторов эффективности необходимо выделять критические факторы успеха, высокие результаты в которых определяют устойчивую и успешную позицию предпринимательской структуры. Особую ценность для обеспечения конкурентоспособности имеют специфические факторы, которые соответствуют особым институциональным условиям рассматриваемого отраслевого рынка, а также особенностям структуры и имеющихся ресурсов оцениваемого хозяйствующего субъекта. Таким образом, конкурентоспособность предпринимательской структуры можно представить как функцию от набора параметров, которые по силе их влияния можно отнести к группе конкурентных преимуществ.

Представленные теоретические положения служат основой для формирования автором пространственного подхода к управлению предпринимательскими структурами.

### **Библиографический список**

1. Карпов, А. Л. Эволюция представлений о предпринимательстве и научные предпосылки конкурентного пространства / Карпов А. Л. // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2011. № 4. с. 36-42.

2. Карпов, А. Л. Конкурентоспособность и конкурентное пространство промышленного предприятия / Карпов А. Л. // Проблемы современной экономики. 2010. № 1. с. 140-144.

3. Найт, Ф. Х. Риск, неопределенность и прибыль. / Ф. Х. Найт. - М.: Дело, 2003.

### THE CONCEPT OF ENTERPRISE ACTIVITY COMPETITIVE

A. L. Karpov

In the given article formulated theoretical positions of the competitive space of enterprise activity concept. Considered the mechanism of

competitiveness of enterprise structure maintenance, as the subsystem in the managing subject which creates conditions, operates and changes occurring processes in reply to certain signals of environment.

*Карпов Альберт Леонидович – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической теории и предпринимательства Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского. Основное направление научных исследований: конкуренция и конкурентоспособность предпринимательских структур. Общее количество публикаций: 72. E-mail: awful74@mail.ru.*

УДК 331.01

## САМОЗАНЯТОСТЬ КАК НАПРАВЛЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ В ИННОВАЦИОННОМ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВЕ

Г. У. Козачун, Е. Ю. Легчилина

**Аннотация.** В статье рассмотрены проблемы и перспективы развития инновационной самозанятости как направления государственной политики в области управления человеческими ресурсами. Проанализированы механизм и процессы возникновения самозанятости в инновационном предпринимательстве. Предложены меры государственной поддержки инновационной самозанятости.

**Ключевые слова:** Управление человеческими ресурсами, самозанятость, инновационное предпринимательство, экономика труда.

### Введение

Сегодня в России одной из основных проблем управления человеческими ресурсами на макроуровне является проблема занятости трудоспособного населения и создание рабочих мест. Большое значение по воспроизводству рабочих мест отводится развитию предпринимательства и самозанятости.

### Основная часть

Определим самозанятость как особую форму организации собственного дела и выполнения человеком работы, которая не связана с наймом. Следовательно, самозанятые являются предпринимателями, которые в полной мере возлагают на себя риск дела, несут ответственность за свои обязательства. Они сами организуют трудовую деятельность и заботятся о своем здоровье и безопасности. Ведут дело с целью получения доходов и извлечения выгод, в том числе в форме прибыли от реализованной в деле предпринимательской активности и вложенных в бизнес

особого собственного ресурса – предпринимательских способностей.

Самозанятыми движет те же мотивы и интересы, которые характерны для предпринимателей (предпринимательские мотивы и интересы), которые достаточно хорошо описаны в научной и учебной литературе, посвященной теории предпринимательства. Однако существует важное отличие. Если предпринимателем (в классическом понимании) стремятся стать «по призванию», то самозанятым может стать потерявший работу или тот, который стремится себя чем-то занять и получать доход, но не обязательно стремится к прибыли и развитию своего бизнеса. Таким образом, самозанятым становится ранее безработный или незанятый какой-либо трудовой деятельностью. Назовем данный вид самозанятости – традиционным.

Государство заинтересовано в самозанятости населения, поскольку борьба с безработицей является одной из приоритетных задач,

что находит отражение в региональной политике. Организовав свое дело, безработный или неработающий трудоустраивает себя и может постепенно увеличивать количество вновь создаваемых рабочих мест, помогая государству снижать безработицу и обеспечивать подъем экономики. Государство реализует программы поддержки самозанятости, то есть поддерживает организацию собственного дела безработными или незанятыми гражданами. Программы содействия самозанятости граждан существуют в каждом регионе и предусматривают материальные и нематериальные (информирование, обучение, консультирование, тестирование и др.) виды помощи. Помощь граждан (по их заявлениям) оказывают местные службы занятости, для которых такая работа входит в число наиболее приоритетных направлений. Так, в Омской области в рамках ведомственной целевой программы «Программа дополнительных мер по снижению напряженности на рынке труда Омской области» ежегодно от 600 до 2000 безработных получают субсидии на открытие собственного дела. Соотношение граждан, открывших собственное дело, проживающих в городе и селе составляет 15 и 85 % [12].

Особо актуальны вопросы самозанятости в сельской местности, так как преобразования, осуществленные в аграрном комплексе, привели к сокращению числа рабочих мест и сужению качественного разнообразия профессий. Сформировалась значительная группа сельского трудоспособного населения, не имеющего постоянной работы.

В условиях бедности получает развитие маргинализация экономически активной части селян, которая выражается в форме практически полной самозанятости на базе личных подворий, то есть личное подсобное хозяйство (ЛПХ) становится основной формой приложения труда на селе.

Современные личные подсобные хозяйства (ЛПХ) утрачивают свой первоначальный смысл, превращаясь из вспомогательных хозяйств в мелкотоварные и в малый семейный бизнес, а во многих селах ЛПХ становится единственным местом приложения труда.

Первичная занятость трудоспособного населения в мелкотоварных и низкодоходных ЛПХ приводит к депрофессионализации работников сельского хозяйства, хотя и частично снижает масштабы бедности сельского населения, несколько сглаживают остроту проблемы занятости и негативные последствия безработицы [14, с.2].

Несмотря на это, подавляющая часть сельских жителей считают, что самозанятость на базе ЛПХ не решает проблемы безработицы сельского населения, а для того, чтобы оно стабильно приносило доходы, необходимо повышение закупочных цен, формирование устойчивых рынков сбыта и инфраструктуры. При возможности выбора более половины селян предпочли бы стать наемными работниками, 20 % открыли бы собственное дело и лишь 3 % занимались бы только личным подсобным хозяйством [2].

Эффективное развитие предпринимательской деятельности, то есть самозанятости на базе ЛПХ возможно только по пути кооперации сельхозтоваропроизводителей по основным функциям: снабженческо-сбытовой, производственно-перерабатывающей, кредитной, агросервисной и интеграционной [2].

Формирование сельского предпринимательского класса практически невозможно без государственной поддержки. Существующие государственные и муниципальные программы, безусловно, несколько снижают напряженность на селе, но не решают проблему кардинально.

Так, например, в Омской области утверждены и реализуются долгосрочные целевые программы «Развитие малого и среднего предпринимательства в Омской области (2009-2013 годы)» и «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Омской области (2010 – 2014 годы)» и ряд других.

Государственная поддержка должна быть направлена на:

- введение упрощенной системы налогообложения и налоговых льгот для сельских предпринимателей;
- создание условий для использования сельскими предпринимателями (самозанятыми) бездействующих и недогруженных основных фондов;
- концентрацию ресурсов на формирование на селе в малом бизнесе высокотехнологического товаропроизводящего и инновационного секторов экономики;
- развитие кооперации малого предпринимательства с крупным производством;
- создание нормативной базы, обеспечивающей государственную поддержку инвестиционных проектов субъектов малого предпринимательства, а также привлечение для этих целей иностранных кредиторов;

- введение прямых ценовых и неценовых субсидий и дотаций, регулирование цен на сельхозпродукцию.

Мировой опыт свидетельствует, что государственное регулирование экономических процессов в аграрном секторе и государственное управление человеческими ресурсами - обязательный компонент современной политики, причем вмешательство государства имеет решающее значение, определяющее развитие экономики в целом.

С учетом проблем и особенностей сельского предпринимательства (самозанятости) становится очевидной необходимость усиления государственной поддержки предпринимательской инициативы населения и развития транспортной инфраструктуры. Необходимы серьезные государственные инвестиции на развитие человеческих ресурсов на селе с целью формирования и развития инновационной активности сельского населения. Необходима комплексная государственная поддержка предпринимательства и самозанятости на базе ЛПХ. Подобные действия позволят стабилизировать ситуацию и снизить социальную напряженность, сократить уровень бедности, обеспечить воспроизводство рабочей силы и устойчивое демографическое развитие страны.

В городской местности, особенно в крупных городах сложилась совершенно иная ситуация. Появилось большое количество высокообразованных людей занимающихся творческим процессом на инновационно-технологическом рынке труда. Современные специалисты уже не имеют жесткой зависимости от организации, так как могут производить свой информационный продукт и вне ее структур, имея необходимые средства производства в личной собственности. Такой работник предлагает работодателю не свои способности к труду, а его результат, не рабочую силу, а потребительскую стоимость, воплощенную в том или ином инновационном продукте или новой производственной технологии [13].

В результате возникает ситуация, когда все большая часть специалистов стремится работать не на организацию, а вместе с организацией, то есть самостоятельно, например, обрабатывая ее информационные потоки. Появляется некая инновационная самозанятость, которая активно использует расширяющиеся технико-технологические и организационные возможности, предоставляемые современными технологиями.

Так, например, в США широкое распространение получила работа на дому (самоза-

нятость), которой полностью занято 39 миллионов граждан [10]. В отличие от российской модели самозанятости в США занимается работой на дому наиболее квалифицированная часть населения.

Инновационная самозанятость фактически участвует в формировании новой формы рыночных отношений.

Теоретические позиции инновационной самозанятости продолжают развитие идей Й. Шумпетера, рассматривавшего предпринимателя как особый источник инновационного преобразования рынка, осваивающего инновации и выводящего их на рынок [1].

Появлению инновационной самозанятости сопутствуют новые явления, которые также должны быть изучены и проанализированы, а полученные результаты использовать при разработке инструментов государственного управления человеческими ресурсами.

Одно из таких явлений получило название «структурные складки» (structural folds), которые образуются в результате изменения поведения предпринимателей в новой экономике и экономике знаний.

Б. Ведреш и Д. Старк, исследовавшие структурные складки, говорят, что предпринимательские группы сталкиваются с двойным вызовом – распознаванием и воплощением новых идей. Суть предпринимательства состоит не столько в заимствовании идей, сколько в производстве нового знания посредством рекомбинации ресурсов. В основе их концепции лежат современные подходы ряда авторов (R. Burt, D. Obstfeld, B. Uzzi, J. Spiro), согласно которым внешние соединяющие посреднические связи (brokerage ties of connectivity) позволяют черпать новые идеи из окружающей среды, а сплавивающие связи, замыкающиеся внутри группы (cohesive ties of closure), обеспечивают доверие и взаимопонимание, необходимые для воплощения этих идей. Кроме того, предлагают альтернативную концепцию, в которой поистине новаторские идеи (прежде всего новая концептуализация самой проблемы) создаются при взаимодействии внутри группы. Процесс предпринимательской рекомбинации ресурсов, создающий новое знание, требует интенсивного взаимодействия и совершенно свободного доступа к базам знаний и производительным ресурсам, в противоположность удаленным контактам и случайному доступу [3, с. 69 – 70].

Таким образом, авторы, отказываясь от разъединяющего посредничества с его сокрытием информации и знаний, переходят к сотрудничеству и сплочению групп, в которых улучшаются условия свободного доступа к



разнообразным ресурсам и их рекомбинации. В этом положении используется утверждение Г. Зиммеля о пересечении составов сплоченных групп [5].

Анализируя теоретические положения, которые могут быть использованы при исследовании инновационной самозанятости, можно сделать вывод, что основной вклад в новую концепцию внесли Б. Ведреш и Д. Старк, которые показали, что межгрупповая сплочённость является важным фактором, объясняющим высокую экономическую результативность групп.

Вместе с явными возможностями и перспективами использования концепции структурной складки к описанию моделей развития инновационной самозанятости в новой экономике и экономике знаний следует констатировать, что исследования в отношении самозанятости и самозанятых не проводились. Авто-

ры концепции предпринимательство рассматривали в его классическом контексте, одновременно уделяя внимание крупному, среднему и малому бизнесу.

Инновационный самозанятый непосредственно включается в инновационный процесс, который реализует самостоятельно или интегрируясь в группу (команду), сетевую структуру, кластер. Их деятельность связана с высокотехнологичными отраслями и сферами хозяйственной деятельности, производством наукоемкой продукции, работ и услуг, с научными исследованиями, созданием нового знания и его использованием при разработке инноваций.

Рассмотрим отличия инновационной от традиционной самозанятости, инновационных от традиционных самозанятых, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика типов самозанятости

Параметр	Традиционный тип самозанятости	Инновационной тип самозанятости
Цели деятельности	Получение дохода в условиях отсутствия иной возможности трудоустроится, чаще единственный возможный источник дохода	Производство нового знания посредством рекомбинации ресурсов. Получение дохода не является основной целью
Характер деятельности	вынужденный характер деятельности	«по призванию», инициативный характер деятельности
Уровень квалификации	В основном низкий уровень квалификации самозанятых	Высокий уровень квалификации самозанятых
Продукт	Продукция сельского хозяйства (чаще всего на базе ЛПХ), пищевой промышленности, продукция ручного труда	Высокие технологии, инновации, новые идеи, знания
Интеграционные процессы	Кооперация по основным функциям: снабженческо-сбытовой, производственно-перерабатывающей, кредитной, агросервисной и интеграционной	Участвуют в разных группах и сетях, передают друг другу знания и опыт, готовы к совместному труду при решении отдельных проблем, создают профессиональные сети и сети по интересам
Государственное регулирование	Государственная поддержка с целью снижения социальной напряженности и сокращение уровня безработицы.	Государственная поддержка с целью формирования благоприятного инновационного климата, устранение барьеров инновационной деятельности.

Распространенное и хорошо заметное отличие – это уровень квалификации самозанятых. Квалификация инновационных самозанятых оказывается существенно выше, чем тех, кто занят традиционными видами бизнеса.

Так, например, в Ростовской области по данным обследования населения, самозанятых «инновационного» типа с высшим образованием более 72 %, а самозанятых «традиционного» типа с высшим образованием - около 13 % [7].

Среди инновационной самозанятости особым образом выделяются три группы:

- самозанятые, осуществляющие работы и оказывающие услуги, связанные с IT-технологиями, в том числе обслуживанием вычислительной техники и средств связи;

- самозанятые, создающие или распространяющие программное обеспечение и одновременно осуществляющие сервисное об-

служивание программ и программных комплексов, в том числе в виртуальной среде;

- самозанятые, участвующие в выполнении научно-исследовательских, опытно-конструкторских и проектных работах, в том числе в открытых проектах реализуемых сетевых структурах и виртуальной среде.

Распространена ситуация, когда студенты, обучающиеся по высокотехнологичным специальностям, в процессе учебы начинают самостоятельную трудовую деятельность, становятся инновационными самозанятыми.

Другое важное отличие – инновационные самозанятые всегда участвуют в разных группах и сетях, передают друг другу знания и опыт, готовы к совместному труду при решении отдельных проблем, создают профессиональные сети и сети по интересам, на основе которых легко формируют временные группы для выполнения какой-либо отдельной работы или проекта, решения задачи или проблемы. Несмотря на то, что такие группы, команды, творческие коллективы временны, но ситуации повторяются и существуют периодически реализуемые комбинации структур и групп самозанятых.

Взаимодействие в группе взаимодополняющее, обмен знаниями и информацией направлен на формирование нового состояния группы – ее общих компетенций, которые могут использоваться в совместно реализуемых инновационных процессах и проектах, позволяют обогащать новыми знаниями группу и ее членов. Это способствует сплочению группы, повышает ее устойчивость даже в условиях, когда сама группа виртуальна и периодически исчезает и появляется снова по поводу выполнения совместной работы, проекта. Познавательные мотивы, интересы и потребности взаимодействия и выгоды от доступа общим компетенциям группы сохраняет ее стабильность даже в случае временного отсутствия совместно выполняемых работ.

Развивающиеся компетенции самозанятых и создаваемых ими групп включаются в процесс горизонтальной и вертикальной интеграции, которые позволяют на высоком качественном уровне организовать общие бизнес -

процессы и бизнес - системы, которые связывают горизонтальной и вертикальной интеграцией отдельных самозанятых, других производителей, их группы, кластеры, сетевые структуры. Этот факт служит подтверждением существования межгрупповой сплоченности, но показывает, что сплачивающие мотивы, интересы и потребности у инновационных самозанятых шире и не сводятся непосредственно в бизнес - взаимодействию и экономическим мотивам и интересам.

Таким образом, инновационная самозанятость – это особая форма организации собственного дела, характерная для новой инновационной экономики и экономики знаний, основанная на создании и продвижении человеком (индивидом, предпринимателем) различных форм инноваций.

Анализ государственных программно-целевых документов в области управления человеческими ресурсами показал, что на сегодня практически большинство государственных программ ориентировано на поддержку «традиционного» типа самозанятости, что обусловлено социальной направленностью и низким качеством жизни населения.

Проблемы формирования и развития творческой и инновационной деятельности (инновационной самозанятости) практически ни как не отражены в государственных программах развития, только лишь продекларированы. Необходимо разработать новые механизмы государственного управления человеческими ресурсами, позволяющие использовать знания, творческий и инновационный потенциал человека.

Функция государства по управлению человеческими ресурсами в инновационной экономике превращается в инструмент долгосрочной стратегии, направленной на устранение барьеров инновационной деятельности. Вместо просеивания и фильтрации практика управления человеческими ресурсами становится связующим звеном между обучением, инновационным процессом и творчеством. Это, безусловно, требует принципиально иного подхода к организации управления человеческими ресурсами на макроуровне. То есть, речь идет о формировании государственной системы инновационного управления человеческими ресурсами, основанной на принципах:

- непрерывности, предполагающей постоянство развития инновационного управления;
- самостоятельности;

- инновационном мышлении, то есть состоянии сознания, ориентированное на преодоление психологических барьеров в создании и внедрении нововведений, которое

должно быть характерным для инновационного предпринимательства [13].

- развития инновационных коммуникаций, т.е. установление связей между всеми участниками инновационного процесса на всех уровнях власти.

Государственная политика в области управления человеческими ресурсами в инновационном предпринимательстве должна предусматривать создание законодательных основ поддержки инновационной активности и защиты интеллектуальной собственности, что обеспечит условия для формирования инновационной инфраструктуры и инновационного климата, способствующей освоению и распространению нововведений на всех уровнях реальной экономической деятельности.

Особое внимание в процессах реформирования нужно уделить совершенствованию взаимодействия государственных, региональных и местных органов власти, а также вопросам создания разветвленной инфраструктуры поддержки инновационной самозанятости (увеличение грантов, повышение размеров предоставляемых кредитов, при одновременном увеличении финансовой помощи на обучение, компенсация расходов на патентование и др.).

### Заключение

В результате исследования самозанятости как направления государственной политики в области управления человеческими ресурсами в инновационном предпринимательстве выявили два типа самозанятости: «традиционный тип» самозанятости (чаще всего на базе ЛПХ) и «инновационный тип» самозанятости. Рассмотрели их особенности и меры государственной поддержки.

Для перехода России на инновационную экономику необходимо, в первую очередь, решить проблемы с «традиционным типом» самозанятости, который носит характер вынужденной самозанятости и практически не участвует в инновационном процессе.

Инновационная экономика требует создания нового комплексного подхода в государственном управлении самозанятости, предусматривающим создание условий для активного участия самозанятых в инновационных процессах, освоении новых, в том числе высоких технологий, создании высокотехнологичных производств и товарных инноваций.

### Библиографический список

1. Шумпетер Й. А. Теория экономического развития (исследование предпринимательской прибыли,

капитала, кредита, процента и цикла конъюнктуры). – М.: Прогресс, 1982.

2. Козачун Г. У. Личное подсобное хозяйство и предпринимательство: монография / Г. У. Козачун, Е. Ю. Легчилина. Омск: ООО «Издательско-полиграфический центр «Сфера»», 2008. 208 с.

3. Ведреш Б. Структурные складки: продуктивный разрыв в пересекающихся группах / Б. Ведреш, Д. Старк // Экономическая социология. 2010. Т. 11. № 4. С. 69 – 104.

4. Stark D. The Sense of Dissonance: Accounts of Worth in Economic Life. – Princeton, N. J.: Princeton University Press, 2009.

5. Simmel G. Conflict and the Web of Group Affiliations. – N.Y.: Free Press, 1964.

6. Burt R. Structural Holes: The Social Structure of Competition. – Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1992.

7. Сербиновский Б. Ю., Мукучан Р. Р. Структурные складки самозанятости [Электронный ресурс]: URL: <http://www.sworld.com.ua>

8. Кашепов А. В. Рынок труда: проблемы и решения: Монография / А. В. Кашепов, В. В. Трубин, С. С. Устинова. М.: Научный эксперт, 2008. 232 с.

9. Степанова А. И. Особенности российского предпринимательства на современном этапе // Успехи современного естествознания. 2008. № 11. С. 44-47

10. Колычева Ж. Я. Специфика малого бизнеса и самозанятости, как объекта государственного воздействия // Успехи современного естествознания. 2008. № 8. С. 72-74

11. Рынок труда и занятость населения Омской области [Электронный ресурс]: URL: <http://omsk.gks.ru/digital/region9/default.aspx>, свободный.

12. Аналитика. Государственная служба занятости [Электронный ресурс]: URL: <http://www.omskzan.ru/>

13. Синов В. В. Человеческие ресурсы инновационной деятельности // Креативная экономика. 2007. № 5. С. 58-65.

14. Москвина О. В. Сельский рынок труда Новосибирской области: особенности, основные проблемы и перспективы их решения [Электронный ресурс]: URL: <http://labourmarket.ru/conf3/reports/moskvina.doc>, свободный.

### SELF-EMPLOYMENT AS A DIRECTION OF STATE POLICY IN THE FIELD OF HUMAN RESOURCE MANAGEMENT IN INNOVATION ENTREPRENEURSHIP

G. U. Kozachun, E. Yu. Legchilina

The article considers the problems and prospects of development of innovative self-employment as a State policy in the field of human resource management. The mechanisms and processes of self-employment in innovative entrepreneurship are analyzed. The article pro-

poses measures of state support of innovative self-employment.

*Козачун Геннадий Устинович – профессор, кандидат экономических наук, заведующий кафедрой «Архитектурно-конструктивного проектирования» СиБАДИ. Основные направления научной деятельности Социально-экономические аспекты совершенствования объемно-планировочных решений жилых зданий; Трудовые ресурсы в аграрном секторе. Общее количество*

*опубликованных работ: 114. e-mail: kgu\_11@mail.ru.*

*Легчилина Елена Юрьевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Менеджмент и маркетинг» Омского государственного университета путей сообщения. Основные направления научной деятельности: исследование проблем, механизмов и методов управления человеческими ресурсами в инновационном предпринимательстве Общее количество опубликованных работ 14. e-mail: legcelena@yandex.ru*

УДК 338.111.62

### ПРОБЛЕМЫ СОБСТВЕННОСТИ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Н. В. Рысак

**Аннотация.** Рассмотрены проблемы развития института собственности в условиях модернизации экономики России. Выделен институционально-организационный аспект преобразований, обозначена новая роль государства.

**Ключевые слова:** *собственность, модернизация, новая роль государства.*

#### Введение

В современных мирохозяйственных условиях, для которых характерны турбулентность и нарастание геополитических, национально-исторических, финансово-экономических противоречий, актуализируются вопросы нахождения Россией места в межстрановой иерархии. Это обуславливает необходимость смены сложившейся инерционно-сырьевой модели экономики страны, преодоления внешних и внутренних барьеров развития, масштабного приращения инновационно-технологического, социально-экономического и экологического потенциалов. В русле поэтапного перехода к инновационной экономике требуются уточнения в приоритетах и целях модернизации, выборе стратегии с учетом сложившихся отношений собственности. Представители ведущих научных школ России сходятся во мнении, что задействование стратегически значимых источников модернизации имманентно связано с решением проблем в системе отношений собственности. Так, в продолжение идей академика Д. С. Львова акценты на решении проблемы природной ренты, эффективном накоплении и использовании национального капитала делают коллективы институтов экономики РАН. Академик В. М. Полтерович обосновывает необходимость преодоления инновационной паузы при переходе к модели стратегического интерактивного управления ростом, предполагая concentra-

цию собственности и управленческих функций на региональном уровне. Академик А. И. Таркин опирается на идею полицентричной пространственной структуры экономики страны, поиска новых территориальных источников конкурентоспособности и эффективное использование собственности. Академик О. С. Богомолов предлагает исходить из инвентаризации объектов национальной экономики с определением субъектов собственности и опираться на инновационную мобилизацию ресурсов. Модели неоиндустриализации и вертикальной интеграции с использованием социально-ориентированных механизмов распределения природной ренты предлагаются С. С. Губановым. Исследовательская группа СИГМА в целях гармонизации отношений агентов модернизации, включая крупных собственников, предлагает формирование модернизационных коалиций. Необходимость задействования планово-рыночных механизмов развития, становления модели эффективной системы отношений собственности обосновывается коллективами Санкт-Петербургской школы. Акцент на конкурентной и структурной политике, новых институциональных технологиях повышения эффективности использования собственности делает Бюро экономического анализа под руководством А. Шаститко. Корректировку либерального курса в русле дальнейшей транснационализации, встраивания российских пред-

приятий в продуктовые цепочки крупнейших корпораций на основе международного разделения труда, предлагают коллективы ИЭПП, ГУУ-ВШЭ.

В процессе научного поиска ведущие российские школы принимают во внимание факторы, как имманентно присущие хозяйственному пространству страны – протяженность, климатическое и природно-географическое разнообразие, так и развившиеся в процессе его освоения – ресурсную и технологическую неоднородность, дифференциацию в уровнях развития территорий и отраслей, причины которых обусловлены проблемами, накопленными в системе отношений собственности.

### Основная часть

Ход мирового социально-исторического развития позволяет определить в структуре хозяйственного строя каждой страны конституирующее значение собственности. Собственность, играя «ведущую, ключевую роль в экономической системе» [7, с.111], является одним из традиционных институтов цивилизации, тесно связанным с развитием общества и государства. Как «обязательная черта человеческой культуры, ... собственность присутствует всюду, где есть человек, и образует ткань-основу всякого общества» [6, с.106]. В процессе становления и развития институтов общества, экономики и государства, собственность эволюционирует, изменяется по форме, но остается неизменной по сути, отражая «вещное соотношение людей, определяющее субъекта экономической власти» [7, с.50], тем самым сохраняя и воспроизводя в пространственно-временном континууме свойства, составляющие её экономическую природу – утилитарность, материальность, прибыльность.

В хозяйственной системе роль института собственности весьма противоречива: с одной стороны, отношения собственности конституируют определенные формы экономических взаимодействий, устанавливая границы распределения и перераспределения «пучка» прав на нее, делают возможным получение дохода от распоряжения и пользования ею; поддерживающим ее институциональным нормам присуща высокая жизнеспособность. С другой стороны, в ходе социальных, организационно-экономических, структурно-технологических преобразований обнаруживает себя особая роль собственности, как фактора динамики хозяйственных изменений. Собственность пронизывает всю систему экономических

отношений, активно влияя на направление и динамику развития. В процессе хозяйственных изменений, вызванных становлением новых технико-экономических укладов, обнаруживает себя витальное свойство собственности, а именно, способность эволюционировать в пространственно-временном континууме, сохраняя свою сущность. Эволюция собственности как экономико-правового феномена просматривается в диверсификации и распространении ее форм, что вкупе со способностью к многоаспектным функциональным проявлениям обуславливает разнообразие производственных отношений, их динамику в границах хозяйственных систем. При этом границы и характер хозяйственных изменений во многом обусловлены сложившейся иерархией в способах присвоения благ: трудовом, ренто- и капиталоориентированном.

Отношения собственности развиваются и реализуются в границах воспроизводственных циклов, объединяющих этапы производства, распределения, обмена и потребления, развитие их неравномерно и обусловлено нарастанием противоречий: «на известной ступени своего развития материальные производительные силы общества приходят в противоречие с существующими производственными отношениями из форм развития производительных сил эти отношения превращаются в их оковы» [3, с. 7]. Таким образом, отношения собственности выступают важнейшим фактором изменений социально-исторического контекста, основой развития общественных и экономических взаимодействий, влияют на уровень участия государства в экономике.

Представители западной экономической мысли связывают собственность и эффективность в причинно-следственную логическую цепочку, предполагая, что эффективная организация хозяйственной системы во многом зависит от внедрения «институциональных основ и прав собственности» [6, с.90]. Поскольку права собственности, «пучок» этих прав, а также их спецификация определяют набор вариантов альтернативного использования ограниченных ресурсов, постольку «экономический рост будет иметь место, если права собственности делают общественно-производительную деятельности стоящим занятием» [там же, с.132]. Несмотря на кажущуюся очевидность предлагаемого вывода, он не позволяет найти объяснение причин отрыва в уровнях развития одних экономик от других при схожести сложившихся систем отно-

шений собственности; непродуктивности либеральных реформ 1990-х, проводимых с опорой на «эффективного собственника» и пр.

Исследование собственности, как социально-экономического феномена, определяется расставленными в процессе научного поиска акцентами. Так, экономический детерминизм Маркса обосновывал экономическую природу собственности через механизмы воспроизводства и функционирование системы производственных отношений, которые собственность «пронизывают». Подобные постановки были расширены в процессе синтеза с юридическим аспектом, в результате одной из основных функций собственности признана способность зафиксировать «факт социальной принадлежности тех или иных объектов определенным лицам» и «юридическую форму данной принадлежности» [7, с.110].

Ученые, опирающиеся на классическую традицию – Ф. Хайек, Р. Пайпс отстаивают идею имманентного присутствия в природе человека собственнических инстинктов, связывая экономический и культурный прогресс западной цивилизации с созданными ею возможностями реализации инстинкта собственника. В противовес либеральной догме, доказывающей более высокую эффективность предприятий с негосударственными формами собственности, анализ деятельности российских предприятий, выполненный Счетной палатой РФ в разрезе форм собственности, показал, что «между формой собственности и эффективностью работы предприятия нет жесткой зависимости. Результаты деятельности предприятий, полностью принадлежащих государству, могут быть такими же (а подчас и более) эффективными, как результаты деятельности приватизированных фирм» [5].

Собственность в своем развитии опирается на историко-культурное наследие и традиции стран, поэтому получение социально-значимых эффектов от нее будет всегда связано с формированием определенных институциональных условий, вписывающихся в эти традиции. Складывающиеся в странах-лидерах отношения и формы собственности обуславливают высокие темпы роста их экономик и соответствуют национальным социально-историческим традициям хозяйствования. «Социокультурные условия, традиции доминирующие ценности, в сфере отношений собственности» [7, с.308] являются одним из витальных условий существования и развития современных экономических систем. Подобный вывод находит отражение как в Западных

странах, где институционально-технологические изменения сочетались с незыблемостью протестантских императивов к труду и накопительству, так и в странах ЮВА, где в русле проводимых реформ буддийская традиция обнаружила новые смысловые грани.

Хозяйственная практика показывает, что эффективность экономических взаимодействий в большой степени определяется разнообразием отношений собственности и «качеством» собственников. Еще в 1920-е гг. Н. Н. Алексеев писал: «Нужно высказать общую истину, касающуюся вопроса о субъектах собственности в экономической жизни: чем разнокачественнее эти субъекты, тем больше у хозяйства шансов на успешное развитие. Активная политика государства должна быть направлена на создание благоприятных условий для развития наиболее качественного разнообразных собственников» [4, с. 746];

Сформированный глобальными мирохозяйственными процессами и социально-историческим наследием современный цивилизационный контекст характеризуется расширением важнейших государственных функций в сфере организации, регулирования и контроля различных сторон хозяйственной жизни общества, их своеобразной конвергенцией в решении организационно-административных, социальных, предпринимательских задач. Развиваются практики, основанные на участии государства как носителя уникального синтеза – властных полномочий, собственника, предпринимателя. Кроме того, трансформационные процессы XX века в сфере отношений собственности вызвали переход от традиционных форм государственной, частной, смешанной собственности к диверсифицированным формам – коллективной и кооперативной собственности. В большинстве развитых стран в настоящее время сформирована синтетическая модель форм и отношений собственности. Так, в скандинавских странах значимые позиции принадлежат государственному, общественному сектору, включая собственность коммун, что составляет около 80 % (Норвегия, Швеция). В традиционных европейских странах – Франция, Германия, Великобритания доля государственного сектора колеблется от 30 % (Великобритания) до 60 % (Франция), но при этом весомы корпоративная и коллективная собственность: доля коллективных собственников – акционеров, пайщиков – работников предприятий составляет 20 % работающего населения. В США доля государственной собствен-

ности незначительна (20-25 %), доминирует частный корпоративный сектор, поддерживаемый государством через систему заказов, грантов, налоговых льгот. Наряду с этим, сформирована широкая прослойка коллективных собственников, охватывающая 15 % всех занятых в экономике. В новых индустриальных странах ЮВА большую роль играют формы кооперативной, семейной собственности составляющие базу малого и среднего предпринимательства; государственная собственность ограничена сектором общественных благ.

Напротив, российский опыт отражает тенденцию ухода государства из экономики, сопровождающуюся «ломкой» сложившихся хозяйственных отношений. Воспроизводство на каждом уровне экономики инерционных негативных тенденций во многом связано с неэффективной действующей системой отношений собственности. На уровне предприятий это проявляется в уклонении собственников и руководителей компаний от «эффективного и массового обновления производства» [1, с.31], в вывозе капиталов из России; на уровне регионов – в отсутствии импульсов и движущих сил модернизации, необходимой инфраструктуры для инновационно-ориентированного развития. В национальных масштабах влияние инерционных тенденций просматривается в неспособности выхода на прогрессивную траекторию развития. Значительная часть этих и других актуальных проблем современной экономики России связана с приватизационными процессами 1990-х, ее ходом и результатами. Кризисные тенденции, сопровождавшие приватизацию с первых шагов, нарастали с каждым новым периодом; проводимые изменения в итоге лишь усиливали диспропорции в экономике и нестабильность в обществе. Выбранные реформаторами ориентиры на необратимость изменений, ускоренные темпы и массовость не вписывались в концепцию последовательных и эффективных преобразований; все мероприятия проводились без учета народнохозяйственных интересов, бессистемно, были невероятно затратными с точки зрения понесенных государством и обществом издержек. Декларируемая самостоятельность хозяйствующих субъектов в реальных условиях высокой специализации и утраты кооперационных связей обернулась «обвалом» производства и инфраструктуры в ключевых секторах экономики на длительный период. Динамика роста числа приватизированных предприятий не вызвала качественных изменений в экономике страны. Напротив, массовая рас-

продажа государственных активов в отсутствие должных правовых и институциональных условий, привела к формированию слоя неэффективных собственников, сосредоточению бизнес-интересов в экспорто-ориентированном (сырьевом) секторе, застою в хозяйственной жизни, отсутствию стимулов к прогрессивным изменениям, инновациям, создав предпосылки к «недопустимо высоким перепадам в доходности отраслей». За последние 20 лет в масштабах страны создана «модель двухсекторной экономики» с разрывами в рентабельности, условиях деятельности, конкурентоспособности предприятий и отраслей в десятки раз.

В качественном плане структура современной российской собственности весьма специфична и отличается от структуры развитых государств. Ее особенностью является преобладание акционерного капитала, преимущественно ОАО, где права собственности сконцентрированы в контрольные и блокирующие пакеты «инсайдерского» истеблишмента – топ-менеджеров и крупных собственников. Избыточная концентрация капитала и «пучков» прав собственности у небольшой группы лиц, характерная для современной России, приводит к ситуации, в которой в экономике отсутствуют движущие силы конкуренции и инновационно-технологического обновления производства. Сохраняется влияние «социально-деструктивного капитала» (Morbid Capital по Келсо) или «компрадорско-олигархической ренты» по Губанову, действие которой блокирует движение «социальных лифтов», не мотивируя экономически активное население к производительному труду. 16-кратная разница в доходах между группами населения (по официальным данным 2010 года 9.2 раза) потенцирует социальные риски и угрозы. Для российской хозяйственной среды характерны низкий уровень инновационности предприятий (в среднем по экономике 9.3 %), технологического развития и организационно-экономического потенциала. Недопустимо низок удельный вес инновационных предприятий в секторе малого и среднего бизнеса – 2 %, против 45–55 % в развитых странах.

На фоне очередной волны «передела собственности», слияний и поглощений, сформировалась устойчивая практика недоинвестирования в реальный сектор, вывода из строя, перепродажи действующего имущества, приобретения непрофильных активов, увода капиталов в офшоры. Задачи модернизации на сегодня усложнены для государства

и тем обстоятельством, что во многих секторах производства функционирует иностранный капитал, зачастую не заинтересованный в эффективном социально-экономическом развитии российских предприятий. По данным Счетной палаты, иностранные юридические и физические лица (их аффилированные структуры) владели в середине 2000-х гг. более чем 10 % обыкновенных акций минимум в 47 акционерных обществах оборонно-промышленного комплекса России [5]. Вместе с тем, в настоящее время продолжается постепенный уход государства в качестве собственника из секторов экономики: за два «кризисных» года с 01.01.2008г. по 01.01.2010г. количество государственных унитарных предприятий в производственном секторе и строительстве сократилось на 54.3 %, в сельском хозяйстве на 33.6 % [2]. Уменьшились доли акций АО, находящиеся в федеральной собственности.

В таких условиях важную роль призваны сыграть институционально-организационные преобразования, связанные, как с формированием условий для предотвращения рентоориентированного экономического поведения, так и с особой ролью государственного сектора и государственной собственности в стратегии преобразований. В процессе модернизации будет выстраиваться новая роль государства. Так, в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года (т.н. «Стратегия 2020»), обозначен новый подход к участию государства в экономике, заключающийся в преобладании косвенных методов регулирования, поэтапном сокращении участия государства в управлении собственностью в конкурентных отраслях, концентрации государственного предпринимательства в отраслях, связанных с обеспечением национальной безопасности, обороноспособности и развитием инфраструктуры. Новая роль государства просматривается и в Указе Президента РФ «Об основах стратегического планирования в РФ» № 536 (2009 г.). В целях реализации новых прогрессивных подходов к государственной экономической политике РФ в соответствии с приоритетами национальной безопасности и устойчивого развития, система стратегического планирования на долгосрочную (10-20 лет), среднесрочную (5-10 лет) и краткосрочную (3-5 лет) перспективу призвана максимально широко охватить все уровни экономики. Предполагается, что стратегическое планирование будет применяться в стратегиях (программах) развития отдельных секторов экономики, приоритетных национальных про-

ектах, федеральных целевых программах; системе государственных заказов, включая оборонный заказ, других значимых для национальной безопасности проектах и программах. В свою очередь, в Энергетической стратегии России на период до 2030г. сформулированы прогрессивные ориентиры развития энергетического сектора, реализация которых связана с активным участием государства в энергетическом освоении новых регионов, развитием форм государственно-частного партнерства, новых видов энергии, программ экологической безопасности.

Помимо концептуальных моментов, изменения в государственной экономической политике затронули реальную экономику: в 2000-е гг. были проведены существенные преобразования в налоговой и бюджетной сферах, позволившие многократно увеличить поток экспортных доходов в государственный бюджет, сформировать Фонд Национального благосостояния и Резервный Фонд. Приняты пакеты законов об инновационной деятельности, формируются институты развития, создается инновационная инфраструктура. Все это отражает рост возможностей государства в проведении эффективной государственной экономической политики и вместе с тем отчетливо отражает ее «точечный» характер, инерционность в решении вопросов собственности и нацеленность на приоритеты догоняющего развития.

На наш взгляд, неомодернизация должна проводиться в масштабах всей страны, охватывать все уровни экономики, активно задействовать институционально-организационные и финансовые возможности государства, общества и бизнеса, использовать прогрессивные механизмы координации отношений, в т.ч. в сфере распределения прав собственности и поддержания конкурентно-кооперационной среды.

### **Заключение**

Достижение целей модернизации во многом обусловлено применением новых подходов к государственному участию в экономике и решением проблем в системе отношений собственности. Новая роль государства в процессе модернизации связана с масштабными преобразованиями, использованием прогрессивных форм и механизмов государственно-частного партнерства, поддержанием преобразовательного потенциала территорий, и следовательно, решением проблем в системе отношений собственности. Только на такой основе станет возможным запустить механизмы устойчивого инновационно-



ориентированного роста и обеспечить переход к инновационной модели развития.

### Библиографический список

1. Асаул, А. Н. Модернизация экономики на основе технологических инноваций / А.Н.Асаул [и др.]. – СПб: АНО ИПЭВ, 2008. – 606 с.
2. Доклад Рабочей группы по присоединению Российской Федерации к Всемирной торговой организации //www.wto.ru/ru/content/documents/docs/ReportOfTheWorkingPartyRus.doc
3. Маркс К. Сочинения / К.Маркс, Ф.Энгельс. – 2-е изд. М: Госполитиздат, 1959. – Т.13. – 770 с.
4. Мировая экономическая мысль. Сквозь призму веков. В 5т. ТIII. Эпоха социальных переломов / Отв. ред. А. Г. Худокормов. – М.: Мысль, 2005. – 890с.
5. Отчет Счетной палаты РФ о результатах приватизации //www.r-reforms.ru/priv32.htm
6. Пайпс, Ричард Собственность и свобода / Пер с англ. Д. Васильева. – М.: Московская школа политических исследований. – 2000. – 415 с.

7. Собственность в XX столетии. – М. «Российская политическая энциклопедия» (РОССПЭН). – 2001. – 960 с.

### THE PROBLEMS OF THE PROPERTY AND THE MODERNIZATION OF RUSSIA'S ECONOMY

N. V. Rysak

This paper argues that the problem aspects of the institution of property in Russia's economy are connected with institutional and organizational reforms and the new role of the state.

*Рысак Наталья Владиславовна - кэн, доцент, доцент Сибирского университета потребительской кооперации. Основное направления научной деятельности: переход экономики России к инновационной модели развития. Общее количество опубликованных работ: 24. E-mail: natashavla-di@mail.ru*

УДК 338.49: 656.1

## КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДОСТУПНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДОВ РОССИИ

К. Э. Сафронов

**Аннотация.** Во всем мире обеспокоены негативными последствиями повышения уровня легковой автомобилизации. Крупнейшие города развитых стран ставят задачу удвоения доли перевозок на общественном транспорте к 2025 г. Для нашей страны такая задача осложняется необходимостью обеспечить еще и доступность транспортной инфраструктуры для всех групп населения, включая людей с ограниченными возможностями. Эти положения должны лечь в основу планов развития транспортной инфраструктуры городов России.

**Ключевые слова:** общественный транспорт, эффективность, субсидии, инвестиции, модернизация, транспортная инфраструктура, доступность, мобильность.

### Состояние транспортной инфраструктуры в России

Развитие транспортной инфраструктуры в нашей стране происходит крайне медленно. Достаточно сказать, что за период 2000-2009 г. протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием увеличилась всего на 3 %, с 752 до 776 тыс. км [1]. Такие темпы неизбежно ведут к удорожанию строительства, которое одно из самых высоких в мире и снижению качества, которое одно из самых низких в мире.

Число сельских населенных пунктов, обслуживаемых автобусами, за указанный пери-

од сократилось по РФ на 19,5 тыс. (на 24,9 %). Число сельских автобусных маршрутов уменьшилось на 3,4 тыс. (на 22,8 %), их протяженность – на 197,0 тыс. км (на 27,8 %). В городах на 50 % сократилась перевозка пассажиров автобусами, на 70 % – трамваями и на 73 % – троллейбусами.

Среднесписочное число подвижного состава за указанный период на междугородном, пригородном и внутригородском сообщениях сократилось почти на 30 %. При этом к 2009 г. несколько улучшилась возрастная структура автобусного парка – почти треть которого находилась в эксплуатации от 2,1 до

5 лет. Соответственно увеличился и средний коэффициент использования парка с 65,3 % в 2000 г. до 74,5 % в 2009 г.

Сложнее ситуация обстоит с электротранспортом: 55 % трамвайных вагонов эксплуатируются более 20 лет, столько же троллейбусов – более 10 лет. Коэффициент использования трамваев упал до 63 %, троллейбусов – до 71 %. Степень износа основных фондов организаций пассажирского транспорта в 2009 г. составила 43,4 %.

Индексы тарифов на услуги пассажирского транспорта ежегодно увеличивались в среднем на 18-20 %. Доходы от перевозки пассажиров автомобильным транспортом в 2009 г. составили 89,7 млрд. руб. (+ 3,7 раза к 2000 г.). Однако если в 2005 г. убытки от перевозки пассажиров составляли всего 8 % от доходов, за счет введения субсидий из бюджета на компенсацию льготного проезда граждан, то в 2009 г. они выросли до 45,0 млрд. руб. и составили половину от доходов. Средняя себестоимость перевозок пассажиров возросла в 8,5 раза, а средняя доходная ставка – в 9 раз.

В настоящее время в крупных городах на долю коммерческого транспорта приходится 30-40 %, а в небольших городах и до 100 % всего объема перевозок пассажиров. При этом остается много нерешенных проблем с законодательством, лицензированием, финансированием и субсидированием, безопасностью пассажирских перевозок, развитием малого бизнеса. Например, снят с рассмотрения проект федерального закона об автомобильном транспорте и автотранспортной деятельности, затягивается принятие закона об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом по межрегиональным маршрутам.

Вместе с тем растет уровень автомобилизации населения. Парк легковых автомобилей в России на середину 2010 г. составил 33,8 млн. ед., на каждую тысячу россиян приходится 238 автомобилей это в 1,8 раза больше, чем в 2000 г. (132). В таких городах как Сургут на долю легкового транспорта приходится более 70 % всего объема транспортных передвижений. Это приводит к снижению скорости транспортных потоков, заторам и огромным экономическим потерям. На дорогах РФ в пробках ежегодно теряется около 4 % ВВП страны.

В г. Омске регулярные перевозки пассажиров в 2010 г. осуществляли 906 ед. подвижного состава общественного транспорта (724 автобуса, 123 троллейбуса и 58 трамваев). Маршрутные такси составляют микроавтобусы, их количество в 3 раза выше (2790

ед.), а провозная способность в 4 раза ниже остальных видов транспорта, что приводит к перегрузке улично-дорожной сети. На центральных магистралях доля маршрутных такси, в приведенном к условному легковому автомобилю, транспортном потоке достигла 60 %. В объеме суточных перевозок микроавтобусы в среднем перевозят около 23 % платных пассажиров, а в час пик – более 35 %. Однако и по сей день они недоступны для льготников, инвалидов и маломобильных граждан [2].

### Постановка проблемы

Городской общественный пассажирский транспорт – один из важнейших элементов социально-экономической инфраструктуры страны. Можно отметить, что в большинстве наших городов за последние десять лет осуществлен переход от административной системы управления общественным транспортом к регулируемому рынку. Однако здесь обнаружилось некоторые проблемы:

- число частных перевозчиков резко увеличилось, что осложнило их контроль;
- снизилась средняя вместимость подвижного состава;
- возросла загрузка улично-дорожной сети;
- маршрутные такси повысили аварийность на общественном транспорте;
- коммерческий транспорт стал недоступен для социально незащищенных и маломобильных групп населения;
- многие автотранспортные предприятия оказались в неравных конкурентных условиях.

Устойчивое и эффективное функционирование транспорта – одна из необходимых предпосылок улучшения условий жизни населения. Реформирование системы общественного пассажирского транспорта, предпринятое в первые годы рыночных реформ в России, было практически сведено к его передаче в ведение местных администраций, не имеющих ни финансовых, ни административных возможностей не только развивать, но и поддерживать перевозки на приемлемом уровне.

Предприятия пассажирского транспорта находятся в состоянии постоянного финансового кризиса, который проявляется в быстром многократном росте издержек на приобретение топлива, техническое содержание и обновление подвижного состава. Вследствие этого деятельность большинства пассажирских предприятий субсидируется за счет средств местных бюджетов, однако существующий уровень субсидий крайне мал.

Встает вопрос, каким путем должна развиваться транспортная инфраструктура в наших городах в ближайшие годы, и какое место за-

нимает доступность в социально-экономической жизни нашего общества.

**Мировой опыт**

В мировой практике имеется опыт решения транспортных проблем крупнейших городов. Так на сегодняшний день население Сеула составляет около 10 млн человек, а транспортная система города представляет собой одну из самых совершенных и дешевых в мире. Добиться такого результата удалось во многом благодаря развитию общественного транспорта. Одна из основных идей этого направления развития города заключалась в предоставлении преимущества для движения автобусов и соединения их с системой метро. Если 10 лет назад автобусами в Сеуле поль-

зовались только 15 % горожан, то теперь – около 60 %.

Не случайно первая поездка нового мэра Москвы была совершена именно в Сеул. А в сентябре 2011 г. в Москве прошел I Евразийский конгресс, посвященный проблемам общественного транспорта. На международном уровне было принято решение, что его дальнейшее развитие должно проходить под лозунгом «Удвоение рыночной доли общественного транспорта в мире к 2025 г.». Крупнейшие города развитых стран мира осознали преимущества общественного транспорта и разрабатывают стратегии повышения его доли в перевозке пассажиров (таблица 1) [3].

Таблица 1 – Концепции развития систем общественного транспорта в городах мира

Город, страна	Доля общественного транспорта, %		Мероприятия
	2010 г.	2020 г.	
Женева (Швейцария)	н.д.	в 2 раза	Рост пассажирских перевозок трамваем дальнейшего развития пригородной железнодорожной сети
Вена (Австрия)	35	40	Интеграция системы общественного транспорта в планы и проекты городского развития
Сингапур	63	70	Централизация планирования автобусного движения и развитие системы скоростных автобусных маршрутов, строительство 140 км автомагистралей
Перт (Австралия)	6	12	Увеличение доли общественного транспорта в передвижении людей в центральном деловом районе города в утренние часы пик с 35 до 65%
Тегеран (Иран)	н.д.	в 2 раза	Протяжённость сети рельсового транспорта возрастёт со 180 км до 430 км
Торонто (Канада)	16	26	Строительство 1200 км линий скоростного сообщения
Пекин (Китай)	26	45	С 2009 по 2015 год планируется вводить в эксплуатацию по одной новой линии метро ежегодно, общая длина линий метрополитена достигнет 560 км
Дубай (ОАЭ)	6	30	Строительство 4 линий метро (318 км), семи трамвайных линий (270 км), открытие 90 новых автобусных маршрутов (2500 км), пяти новых водных маршрутов (210 км)
Лондон (Великобритания)	37	41	Увеличение транспортного потенциала существующих линий метро и автобусных маршрутов, строительство новой железнодорожной линии Crossrail
Москва (Россия)	73	79 (2015 г.)	Строительство к 2015 г. 87,9 км метрополитена, открытие линий скоростного трамвая, выделение полос для общественного транспорта, строительство 474 км дорог, 6 автовокзалов, 32 транспортно-пересадочных узла и т.д.

Опираясь на передовой опыт, в Москве разработана государственная программа города Москвы «Развитие транспортной системы» на 2012-2016 г., в которой ставится цель – обеспечение комфортных условий жизне-

деятельности населения путем развития устойчиво функционирующей, экономически эффективной, привлекательной и доступной для всех слоев населения системы городского пассажирского транспорта города. Общий объем финансирования – 2,3 трлн. руб. В том

числе на наземный городской пассажирский транспорт – 135,5 млрд. руб. Ожидаемые результаты реализации программы:

- увеличение объема перевозок общественным транспортом на 40 %;
- сокращение среднего интервала движения на наземном городском пассажирском транспорте в час «пик» с 8 до 5 мин;
- сокращение средних затрат времени на поездку из жилых районов до мест приложения труда на 15-20 %;
- увеличение скорости движения общественного транспорта с 11 до 18 км/час, в том числе на выделенных полосах с 25 до 30 км/ч;
- сдерживание объемов выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта и т.д.

Москва берет пример решения транспортных проблем с г. Сеула. В свою очередь нашим городам следует брать пример с г. Москвы.

### **Законодательство по доступности транспортной инфраструктуры**

Если в развитых странах системы общественного транспорта изначально проектируются с учетом доступности, то в нашей стране этот процесс только начинается.

Обеспечение доступности в настоящее время осуществляется за счет обновления подвижного состава общественного транспорта. Производители освоили выпуск низкопольных моделей, оборудованных рампами для заезда инвалидов-колясочников и детских колясок.

В «Транспортной стратегии России на период до 2030 г.» ставится задача довести долю доступного для инвалидов подвижного состава парка пассажирского транспорта к 2030 г. до 90 %. Но транспорт не может обеспечить доступность без адаптации маршрутной сети и всей транспортной инфраструктуры к потребностям маломобильных граждан, а в федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы России» на 2010-2015 годы подобных задач и мероприятий нет [4]. Более того, постановлениями Правительства финансирование большинства мероприятий программы на 2011 г. из федерального бюджета было приостановлено.

Статья 15 федерального закона № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» от 1995 г. предусматривает обеспечение беспрепятственного доступа инвалидов к объектам социальной инфраструктуры, а статья 16 – материальную ответственность за уклонение от исполнения требований к созданию условий инвалидам для беспрепятственного доступа к объектам ин-

женерной, транспортной и социальной инфраструктуры.

Федеральная законодательная база постоянно совершенствуется, но слабо применяется на практике. В 2009 г. принят федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», в котором большое место отведено доступности [5]. Статья 12 данного закона гласит:

«1. Жилые здания, объекты инженерной, транспортной и социальной инфраструктур должны быть спроектированы и построены таким образом, чтобы обеспечивалась их доступность для инвалидов и других групп населения с ограниченными возможностями передвижения.

2. Объекты транспортной инфраструктуры должны быть оборудованы специальными приспособлениями, позволяющими инвалидам и другим группам населения с ограниченными возможностями передвижения беспрепятственно пользоваться услугами, предоставляемыми на объектах транспортной инфраструктуры».

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1047-р утвержден перечень *обязательных к исполнению* национальных стандартов и сводов правил. В частности, в этот перечень вошли основные разделы СНиП 2.07.01-89\* «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» и СНиП 35-01-2001 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения», в которых рассматриваются нормативы развития общественного транспорта и доступности городской среды.

Теперь не только инвалиды вправе требовать соблюдения норм доступности, но и те, кто проектирует, строит и осуществляет контроль обязаны делать это.

Несмотря на это, например, в г. Омске ситуация с доступностью складывается не совсем благоприятно. Из-за несогласованности действий региональных и муниципальных органов власти понадобилось 6 лет, чтобы открыть специализированный инвалидный автобусный маршрут 1И (Дергачева – Гашека).

Серьезные нарушения доступности допущены при строительстве подземного пешеходного перехода на пересечении улиц Красный Путь – Фрунзе. А ведь это вход на станцию строящегося метрополитена, следовательно, и доступность будущего метро под вопросом.

Новые возможности открывает государственная программа «Доступная среда» на 2011-2015 годы [4]. Целью госпрограммы яв-

ляется обеспечение к 2015 г. равного доступа инвалидов, наравне с другими, к физическому окружению, транспорту, информации и связи, а также к объектам и услугам, открытым для населения. В ней ставятся задачи по: проведению паспортизации объектов социальной и транспортной инфраструктур, средств транспорта, связи и информации; внесению изменений в действующие национальные проекты, государственные программы, федеральные целевые программы; разработке и утверждению ведомственных и региональных целевых программ формирования доступной среды. Эти задачи связаны с требованиями Конвенции ООН о правах инвалидов и реализацией российского законодательства о равном доступе.

Реализация равных возможностей в госпрограмме предусмотрена путем обеспечения доступности транспорта и транспортной инфраструктуры. Ожидаемые результаты госпрограммы – повышение качества жизни, уровня реализации конкурентоспособности инвалидов на рынке труда, эффективности их реабилитации за счет улучшения доступности объектов социальной инфраструктуры, повышение эффективности и результативности расходов бюджетов всех уровней на решение проблем инвалидности и инвалидов посредством внедрения унифицированных подходов, норм, нормативов и стандартов обеспечения доступной среды.

Общий объем финансирования программы за 5 лет составит почти 47 млрд. руб. Софинансирование из федерального бюджета предусмотрено на уровне 50 %. Остальная часть распределяется между региональными и муниципальными бюджетами и учитывает привлечение частного капитала.

Правительство Омской области разработало и утвердило долгосрочную целевую программу «Доступная среда» на 2011-2015 годы с объемом финансирования 2,3 млрд. руб. Хотя на решение доступности там предусмотрено всего 12 % средств, но это уже шаг вперед. Однако городские власти не спешат с принятием муниципальной программы по доступной среде. Проблема одна – отсутствие средств. Однако даже имеющиеся ресурсы расходуются не рационально.

В конце сентября в рамках реализации проекта «Новые дороги городов России» в Омске был завершен ремонт почти тысячи дворовых территорий. Совокупный объем финансовых средств составил 246 млн. руб. Однако, если в других городах подобного рода проекты реализуются с учетом требований по

доступности для инвалидов и маломобильных групп населения, то в нашем городе ситуация обратная.

Без учета мнения специалистов и общественности был проведен огромный объем работ, при этом требования по доступности учтены не были. В Правительство Омской области, Администрацию города, Всероссийское общество инвалидов, прокуратуру и органы соцзащиты уже стали поступать многочисленные жалобы от инвалидов и маломобильных граждан о нарушениях их прав на свободу передвижения.

Этот пример показывает насколько важно актуализировать региональную нормативную базу и координировать реализацию всех проектов и программ для более эффективного развития транспортной инфраструктуры [6].

Являясь членом рабочей группы экспертного совета по развитию транспортной инфраструктуры при Полномочном представителе Президента РФ в Сибирском федеральном округе, автор провел экспертизу более 40 инвестиционных проектов, обеспечивающих реализацию «Стратегии социально-экономического развития Сибири до 2020 года». Среди рекомендованных к реализации проектов – «Комплексное развитие Забайкалья», стоимостью 53,9 млрд. руб., «Модернизация транспортной системы города Читы» – 4,3 млрд. руб., «Развитие и модернизация системы пассажироперевозок, включая развитие трамвайного транспорта в г. Томске» – 5,05 млрд. руб. К сожалению, несмотря на многочисленные проблемы, связанные с транспортной инфраструктурой, ни одного проекта из Омска нет. Несколько иной подход наблюдается в других регионах.

### **Разработка концепции развития транспортной инфраструктуры**

Не первый год наши специалисты сотрудничают с администрациями Северных городов. В 2011 г. нас пригласили для разработки бизнес-плана автотранспортного предприятия ОАО «СПОПАТ». В ходе исследований пришлось разбираться со всем комплексом проблем, связанных с транспортной инфраструктурой г. Сургута.

В последние годы г. Сургут столкнулся с серьезными транспортными проблемами. Несмотря на то, что Сургут является одной из мировых нефтегазодобывающих столиц мира, бюджет города является дефицитным, что не позволяет направлять достаточно средств на развитие городского пассажирского транспорта. Вместе с тем, в 300-тысячном городе один из самых высоких уровней доходов населе-

ния. Это привело к тому, что уровень легковой автомобилизации достиг 380 авт./тыс. жит. На легковой транспорт приходится до 76 % передвижений населения и только 24% – на общественный.

На маршрутной сети Сургута регулярные автобусные перевозки осуществляют 4 крупных перевозчика ОАО «СПОПАТ», ООО «Автоэкспресс», ООО «Траффик» и ООО «ТК Призвание» с ежедневным выпуском 147 графиков. Кроме того, в режиме маршрутного такси работает 196 ед., принадлежащие 16 перевозчикам. Маршрутные такси перевозят 44 % пассажиров, при этом их доля в доходах составляет 47 %. Для компенсации выпадающих доходов автотранспортным предприятиям Администрация города в последние три года выделяет субсидии на уровне 370 млн. руб. Однако при искусственно сдерживаемых тарифах предприятия работают с нулевым уровнем рентабельности. Средств не хватает даже на плановое обновление подвижного состава. Так, в ОАО «СПОПАТ» – одного из основных перевозчиков – уровень износа парка достиг 85 %. В такой ситуации наблюдается дальнейшее снижение объема и качества транспортного обслуживания пассажиров.

Анализ динамики основных показателей пассажирского транспорта г. Сургута за предшествующий период позволил сделать два прогноза до 2014 г. Первый – это инерционный вариант, который не предусматривает крупных инвестиционных проектов. Транспортная подвижность населения г. Сургута, в соответствии с ФЦП «Развитие транспортной системы России» на 2010-2015 годы, должна увеличиться на 6 % (с учетом роста мобильности и численности населения). Если дополнительный объем будет освоен за счет индивидуального транспорта, то это повлечет дальнейшую перегрузку улиц и снижение доли общественного транспорта на рынке с 24 % до 22 %. Для города это означает дополнительные экономические потери, связанные с заторами и снижением средней скорости транспортных потоков.

Второй – инновационный вариант предполагает, что рост транспортной подвижности населения будет освоен за счет общественного транспорта (таблица 2). При этом объемы перевозок на общественном транспорте вырастут на 30 %.

Таблица 2 – Прогноз развития транспортной системы г. Сургута до 2014 г. (инновационный вариант)

Показатель	Ед. изм.	Факт	Прогноз				2014 / 2010
		2010	2011	2012	2013	2014	
Численность населения г. Сургута	тыс. жит.	302,2	303,3	304,9	306,2	307,4	102%
Подвижность населения с использованием всех видов транспорта	поездок в год на 1 чел.	456	461	465	470	474	104%
Общий объем передвижений	тыс. поездок	137803	139666	141805	143843	145807	106%
Количество индивидуальных автомобилей	ед.	115200	122295	125865	128884	131499	114%
Уровень легковой автомобилизации	авт./тыс. жит.	381	403	413	421	428	112%
Перевезено пассажиров общественным транспортом всего, в т.ч.	тыс. пасс.	33326	33520	35451	38837	43742	131%
- перевезено пассажиров автобусами	тыс. пасс.	19124	19106	20207	22137	24933	130%
- перевезено пассажиров маршрутными такси	тыс. пасс.	14203	14414	15244	16700	18809	132%
Перевезено пассажиров индивидуальным транспортом	тыс. пасс.	104477	106146	106354	105005	102065	98%

Доля общественного транспорта в общем объеме перевозок	%	24%	24%	25%	27%	30%	+6%
Доля индивидуального трансп. в общем объеме перевозок	%	76%	76%	75%	73%	70%	-6%

Предложенный вариант предусматривает увеличение субсидии и обновление подвижного состава. Субсидии должны вырасти на 47 %, что позволит вывести предприятия на 10 %-й уровень рентабельности. Обновление парка предусмотрено низкопольными автобусами, что обеспечит его доступность. Кроме того, предусмотрено внедрение электронной оплаты проезда.

Параметры улично-дорожной сети г. Сургута были рассчитаны в 70-х годах прошлого века при уровне автомобилизации 100-150 авт./тыс. жит, и практически не изменилась. Для завершения формирования радиально-кольцевой планировочной структуры необходимо построить дополнительно 41 км и реконструировать около 10 км магистралей, создать выделенные полосы для общественного транспорта, организовать систему координационного управления движением. В таком случае перегрузка УДС снизится на 5-7 %, а средняя эксплуатационная скорость потоков увеличится на 5 %.

**Оценка проектов развития транспортной инфраструктуры с учетом доступности**

Оценке эффективности проектов посвящено много исследований, но они не затрагивают проблемы доступности. Существует официальная методика по оценке инвестиционных проектов [7]. Оценка эффективности проекта должна осуществляться на стадиях:

- разработки инвестиционного предложения и декларации о намерениях (экспресс-оценка инвестиционного предложения);
- разработки Обоснования инвестиций;
- разработки ТЭО (проекта);
- осуществления инвестиционного проекта (экономический мониторинг).

Принципы оценки эффективности инвестиционных проектов одинаковы на всех стадиях. Оценка может различаться по видам рассматриваемой эффективности, а также по набору исходных данных и степени подробности их описания.

Например, общественная эффективность реализации проектов ФЦП «Развитие транспортной системы России» на 2010-2015 годы (интегральный эффект за период до 2040 г. в

ценах соответствующих лет) оценивается в 13,8 трлн. руб., коммерческая – в 4,6 трлн. руб., бюджетная – в 5,9 трлн. руб.

В то же время, в ГП «Доступная среда» на 2011-2015 годы нет экономической оценки ее эффективности. Вместо этого использованы целевые показатели – доля доступных для инвалидов и других маломобильных групп населения приоритетных объектов социальной, транспортной, инженерной инфраструктуры в общем объеме приоритетных объектов, которые должны достигнуть 70 %. Встает вопрос, что это даст обществу и экономике нашей страны. Изучение вопросов влияния доступности на экономику открывает новое научное направление – экономика доступной среды [8].

В нашей стране, где транспортная инфраструктура не развивалась на протяжении последних 20 лет, речь об эффективности проектов по ее развитию пока не идет. Вопрос ставится иначе – лишь бы строилось, это уже хорошо. Показателен пример с Омским метрополитеном, который строится четверть века и закатанными в асфальт трамвайными путями.

Приоритетное развитие общественного транспорта дает огромный экономический эффект. В городах с высокой долей общественного транспорта, пешеходного и велосипедного движения, транспортные расходы составляют всего половину аналогичных расходов тех городов, где эта доля находится на низком уровне. Так, расходы на транспорт в Токио и Гонконге составляют всего лишь 6 % от местного ВВП, а в Хьюстоне или Сиднее этот показатель превышает 12 %. Такого рода потери могут выражаться суммой порядка 2000 евро на одного жителя в год.

Вложения в общественный транспорт создают на 25 % больше рабочих мест, чем те же суммы, вложенные в строительство дорог и автомагистралей. Каждый евро, вложенный в общественный транспорт, приносит четыре евро в общую экономику. Такой мультипликативный эффект для сферы услуг весьма высок.

Общественный транспорт помогает планете дышать, поскольку при его использовании потребляется в 3-4 раза меньше энергии на 1 пассажира, чем при поездке на собственном автомобиле.

Наконец, общественный транспорт доставляет кого угодно куда угодно, реализуя на практике здоровый образ жизни и безопасность для всех.

К этим преимуществам следует добавить эффект от его доступности для инвалидов и маломобильных граждан. По официальным данным в 2010 г. в России насчитывалось более 13 млн. инвалидов, около 8 млн. детей в возрасте до 4 лет, и почти 14 млн. людей старше 70 лет. В итоге получается 35 млн. человек, что составляет четверть населения и это без учета беременных и людей, передвигающихся с детскими колясками, с багажом, на велосипедах и роликах. По данным Минздравсоцразвития, в нашей стране только 26 % инвалидов трудоспособного возраста работают (для сравнения, в Европе занято 45, а в Китае 80 % инвалидов), 60 % граждан с нарушениями функций опорно-двигательного аппарата сталкиваются с барьерами при пользовании общественным транспортом, более половины – при посещении социальных объектов. Все это сдерживает развитие экономики.

Суммарный социально-экономический эффект от доступности транспортной инфраструктуры заключается в:

- снижении социального расслоения общества;
- ликвидации дискриминации по отношению к инвалидам;
- росте социальной защищенности населения;
- росте занятости населения;
- росте промышленного производства;
- повышении культурного уровня населения;
- росте ВВП и т.д.

Доступность транспортной инфраструктуры выгодна как государству, так и бизнесу за счет трудоустройства инвалидов и расширения числа потребителей услуг. Американский исследователь А. Оукен подсчитал, что каждый процент, превышающий уровень безработицы, сокращает объем ВВП на 2,5 %. Согласно теории д-ра Г. Тагути, по мере того как изменение величины, характеризующей качество, падает, связанные с ней затраты или потери для общества резко увеличиваются. Во многих случаях эта зависимость носит квадратичный характер. Экономия на пандусах, доступности и безопасности, строя некачест-

венные дороги и объекты мы возводим наши потери в квадрат.

### Заключение

Переосмысление роли общественного транспорта во всем мире должно найти отражение в концепциях развития транспортных систем наших городов. От модели свободного рынка необходимо переходить к модели регулируемого рынка. Это необходимо делать для снижения отрицательного воздействия автотранспорта на окружающую среду, снижению загрузки УДС и повышению БДД,

Опираясь на действующее законодательство и международный опыт в наших городах следует разрабатывать концепции развития транспортной инфраструктуры с приоритетным развитием общественного транспорта, доступного для инвалидов и маломобильных групп населения и формировать доступную транспортную инфраструктуру.

### Библиографический список

1. Основные показатели транспортной деятельности в России. 2010: Стат. сб./Росстат. – М., 2010. – URL: <http://www.gks.ru>
2. Сафронов К. Э. Оценка эффективности инвестиций в модернизацию парков городского пассажирского транспорта // Транспорт Российской Федерации. № 4 (35) 2011. – С. 55-58.
3. Данные с сайта International Association of Public Transport (UITP). – URL: [http://www.uitp.org/advocacy/pdf/factsheets\\_ru.pdf](http://www.uitp.org/advocacy/pdf/factsheets_ru.pdf).
4. Федеральные целевые программы: сайт. – URL: <http://fcp.vpk.ru>.
5. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений № 384-ФЗ от 25 декабря 2009 г.
6. Сафронов К. Э., Сафронов Э. А., Семенова Е. С. Координация программ развития транспортного комплекса РФ // Вопросы планировки и застройки городов: материалы XVIII международной науч.-практ. конф. / под ред. проф. Ю. В. Круглова, доц. В. С. Глухова – Пенза: ПГУАС, 2011. – С. 31-34.
7. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов. Вторая редакция. Официальное издание. – М.: Экономика, 2000. – 402 с.
8. Сафронов К. Э. Экономика доступной среды: монография. Изд-во: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. Saarbrücken, 2011. – 150 с.

### THE CONCEPT FORMATION OF AN ACCESSIBLE TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF CITIES OF RUSSIA

K. Safronov

All over the world are concerned with negative consequences of increase of quantity of automobiles. The largest cities of the advanced countries place a task of doubling of a share of



vehicles on public transport 2025. In our country the task is put to ensure availability of a transport infrastructure to all groups of the population, including the people with the limited opportunities. These rules owe to become the basis of the concept of development of a transport infrastructure of cities of Russia.

*Сафронов Кирилл Эдуардович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Городское строительство и хозяйство» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное направление исследований – организация транспортного обслуживания инвалидов и оценка ее социально-экономической эффективности. Имеет 85 опубликованных работ. E-mail: transistem@rambler.ru*

## РАЗДЕЛ VI

# ВУЗОВСКОЕ И ПОСЛЕВУЗОВСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

---

УДК 377

### ДИНАМИКА УСПЕВАЕМОСТИ У УЧАЩИХСЯ, РАЗЛИЧИЮЩИХСЯ ИНДИВИДУАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИМИ ОСОБЕННОСТЯМИ

В. А. Сальников, Д. А. Кленин, С. Е. Бебинов, Е. М. Ревенко, А. П. Жигadlo

**Аннотация.** В работе показано, что динамика успеваемости, по блокам дисциплин, у учащихся колледжа связана с типологическими особенностями проявления свойств нервной системы и мотивацией. Полученные данные могут быть использованы в формировании индивидуально-ориентированного обучения, что является необходимым при реализации модульного варианта.

**Ключевые слова:** динамика успеваемости, свойства нервной системы, мотивация, способности, циклы дисциплин.

#### Введение

Рассматривая проблему развития системы образования, чаще всего говорят о совершенствовании, дальнейшем развитии, качественном улучшении, инновационном обновлении. Признавая реальность глобальных перемен в современном обществе, следует признать, что именно ценность личности и ее индивидуальные различия являются исходной посылкой организации системы непрерывного образования. Связано это с тем, что долгие годы в отечественной дидактике приоритетом оказывалась не личность, а тот продукт, который от нее можно получить, при выполнении определенных или обозначенных социальных функций. В результате должны быть смещены акценты в системе образования с преимущественного развития предметно-образных познавательных способностей обучающихся, на создание условий (образовательной среды) необходимых для функционального развития познавательной и личностной сферы личности учащихся. В первую очередь его способности к рефлексивному и ответственному поведению, к проектированию и осознанному построению (произвольной регуляции) своей познавательной и социальной активности. Обозначенное, несомненно, требует серьезного научного психолого-педагогического изучения, обоснования и разработки методических средств их

реализации. К сожалению, традиционные формы обучения, которые продолжают оставаться наиболее распространенными, не могут в полной мере удовлетворять указанным требованиям, так как были ориентированы на другие цели.

Если говорить о продуктивности учебной деятельности, то она зависит от успеваемости, под которой понимается «...совокупность интеллектуальных свойств человека» [8]. Применительно к детерминантам успеваемости В.Н. Дружинин [4] выявил двухфакторную структуру «обучаемость-интеллект», отмечая при этом между ними положительную связь: обучаемость детерминирует успешность овладения новыми знаниями, а интеллект - успешность применения знаний при решении задач. Вместе с тем «обучаемость» предполагает существование общей способности, аналогичной общему интеллекту и, возможно, креативности. Однако имеющиеся данные скорее свидетельствуют об отсутствии способности к обучению как общей способности, аналогичной интеллекту. Р. Кэттелл, отмечал, что «...обучаемость различным навыкам определяется, в основном их спецификой».

Интеллект же в зарубежных исследованиях чаще всего отождествляется либо со способностью к адаптации, либо со скоростью переработки информации. Отечественные ученые относят интеллект к

сфере общих способностей, в которые включают не только интеллект, но и другие компоненты (например, креативность, обучаемость и т.д.). В качестве носителей умственных способностей чаще рассматриваются мыслительные процессы или разноуровневое единство познавательных функций (память, мышление, внимание, восприятие и др.), выступающие в роли факторов умственной деятельности. В след за С. Л. Рубинштейном, Б. М. Теплов [19] отмечал, что общие способности отражают общие моменты различных видов деятельности и функционируют «внутри» качественно своеобразной структуры способностей. Более конкретно развитие характеризуется качественными изменениями, появлением новообразований, более современных механизмов и новых структур.

Изучение умственных способностей в рамках качественного подхода ставит в основу, проблему структуры интеллекта. С. Л. Рубинштейн [16] отмечал, что «...нельзя определять умственные способности человека только по одному лишь результату его деятельности, не вскрывая процесса мышления, который к нему приводит». Согласно многофакторным теориям умственные способности проявляются независимо одна от другой и отвечают за определенную группу интеллектуальных операций.

Согласно исследованиям В. А. Самойловой и Л. А. Ясюковой [18] наиболее высокие показатели творческих способностей наблюдается у тех обучающихся, кто хорошо успевает по основным интересующим их предметам. Среди творчески продуктивных инженеров практически не встречается вузовских отличников, последние предпочитают административную или исполнительскую работу. С другой стороны практика показывает, что не каждый обучающийся может стать видным руководителем, выдающимся ученым-конструктором и это в определенной степени связано с наличием способностей, интереса, склонностей, обучаемости, интеллектуальными возможностями. Только оценки по математическим предметам зависят от общего интеллекта. При этом, интеллект определяет лишь верхний предел успешности обучения, а место ученика в этом диапазоне определяется не когнитивными факторами, а личностными особенностями, в первую очередь учебной мотивацией, и

такими чертами «идеального ученика» как исполнительность, дисциплинированность, самоконтроль, отсутствие критичности, доверие и авторитет. Самое любопытное, отмечают авторы, состоит в том, что по данным тестирования личность «идеального ученика» противоположна по своим характеристикам личности творческой. Создается впечатление, что обучаемость в регламентированных условиях сводится к системе, состоящей из общего интеллекта и определенных личностных черт (включая мотивацию) [4].

В. С. Мерлин [13], рассматривая учебную деятельность как особый вид труда, особенно тесно связанный с познавательными процессами, полагает, что одним из показателей способностей к обучению может быть школьная успеваемость. Но обобщая работы своих коллег по сопоставлению школьной успеваемости и типа темперамента, автор приходит скорее отрицательному выводу: школьная успеваемость не зависит от типа темперамента. В то время как данные полученные польским ученым Т. Левовицким [12] говорят о наличии связи показателей свойств нервной системы с эффективностью обучения. Положительными факторами для более эффективного обучения, в данном случае оказались, сила процесса возбуждения и подвижность нервных процессов. В отличие от прежних наблюдений [2] обладатели более слабой, а не сильной нервной системы имеют преимущество по предметам и гуманитарного и естественнонаучного циклов. В отношении лабильности выявлена большая успеваемость у школьников экспериментальной школы и отсутствие ее в массовой школе. Наибольшее число значимых положительных корреляций было между индикаторами активированности и школьной успеваемостью. По данным В. В. Печенкова [14] более успешно учатся школьники с преобладанием тревожности, по таким предметам как география, биология, физика и черчение. Это дало основание сделать вывод «... высокая успеваемость, отмечаемая у тревожных школьников, может быть объяснена не только мотивационным влиянием тревожности, но и проявлением специфических особенностей интеллектуальной среды, обусловленной «общей реактивностью» и активированностью нервной системы. При этом ученики со слабой нервной системой утомляются после комментируемых уроков письма и

арифметики больше, чем ученики с сильным процессом возбуждения [8]. Сравнивая результаты группы студентов медиков, отлично успевающих и групп посредственно и плохо успевающих, было выявлено, что отлично успевающие студенты являются обладателями более сильной и активированной нервной системы [10].

В. В. Печенковым [15] было установлено, что среди старшеклассников с более высокими оценками по гуманитарным предметам чаще встречается такое сочетание общих свойств нервной системы: сила, лабильность и активированность, которое более характерно для художников. В исследованиях [11] старшеклассников, математически одаренные, обладали сильной, инертной и инактивированной нервной системой. По данным этих авторов, средний балл по гуманитарному и естественному циклам отрицательно коррелирует с показателями лабильности, что означает лучшую успеваемость у инертных. По данным Э. А. Голубевой с соав. [3] показано, что успешность учения в наибольшей степени связана с характеристиками общих свойств нервной системы, невербального, вербального и общего интеллекта, в меньшей степени - с видами склонностей и совсем в малой степени - с видами направленности. В других исследованиях выявилась тенденция к разделению «гуманитариев» и «естественников» [5, 7]. В частности показано, что у «художников» чаще наблюдаются мнемические способности, выражающиеся в ярком запечатлении разных видов информации. На физиологическом уровне этому соответствовала большая выраженность силы, активированности и инертности нервной системы, т.е. более высокий уровень энергетических и следовых процессов в информационном блоке мозга. Для «мыслителей» же более типичными были такие мыслительные способности, которые связаны с переработкой в регуляторном блоке мозга различной информации, но особенно - знаковой.

### Основная часть

В соответствии с этим задача исследования состояла в изучении связи динамики успеваемости по блокам дисциплин у учащихся, различающихся индивидуально психологическими особенностями и мотивацией.

В исследовании приняло участие 25 учащихся колледжа, обучающихся по

специальности: «Техническое обслуживание и ремонт автомобилей», в течение четырех лет. Успеваемость анализировалась по блокам дисциплин (общих гуманитарных и социально-экономических (ОГСЭ), естественнонаучных (ЕН), общепрофессиональных (ОП) и дисциплин профессионального модуля (ПМ)). Для изучения типологических особенностей проявления свойств нервной системы использовали произвольные двигательные методики по Е. П. Ильину [6]. Определяли уровень силы нервной системы, подвижность возбуждения, подвижность торможения, баланс между внешним возбуждением и торможением и баланс между внутренним возбуждением и торможением. А так же уровень и характер мотивации к успеху, избеганию неудач по методике Т. Элерса и степень готовности к риску Г. Шуберта. Динамика успеваемости рассчитывалась по формуле О. Brodi.

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные данные показывают, что успеваемость учебной деятельности в определенной степени связана с интеллектуальными, личностными и индивидуально-психологическими особенностями. При этом уровень и направленность этих связей существенно различается в соответствии с изучаемыми предметами. Так динамика успеваемости учащихся колледжа, первого года обучения, по циклам дисциплин связана с типологическими особенностями проявления свойств нервной системы и направленностью мотивации.

Применительно к социогуманитарному циклу дисциплин на первом году обучения успеваемость повышается в большей степени у учащихся с проявлением инертности возбуждения (13,6 %) и лиц с преобладанием торможения по внешнему балансу (12,9 %) в сравнении с «подвижными» (8,8 %) и «возбудимыми» (7,2 %). Среди мотивационных факторов динамика успеваемости выше у лиц со средней степенью готовности к риску (13,2 %) в сравнении с более осторожными (8,4 %). В отношении естественнонаучного цикла дисциплин, значительные изменения успеваемости наблюдается у учащихся с меньшей силой нервной системы (5,4 %), инертностью возбуждения (7,6 %) и преобладанием возбуждения по внутреннему балансу (7,4 %). В то время как у более «сильных» (1,9 %), подвижных (2,0 %) и

уравновешенных (1,2 %) эти изменения значительно меньше. Успеваемость по циклу общепрофессиональных дисциплин, выше у лиц с более сильной нервной системой (14,1 %), инертных по возбуждению (14,0 %) и с преобладанием торможения по внешнему (13,6 %) и внутреннему (12,2 %) балансам, чем у учащихся с более слабой нервной системой (5,0 %), подвижной (6,2 %) и уравновешенных по обоим балансам (соответственно 3,3 % и 6,9 %). У учащихся со средним уровнем мотивации к успеху (22,9 %), высоким уровнем мотивации к защите (15,1 %) и средним значением мотивации к риску (11,9 %) динамика успеваемости достоверно выше. В целом следует отметить наличие связи динамики успеваемости практически по всем циклам дисциплин первого курса с инертностью торможения и преобладанием торможения по внешнему балансу. Это может быть связано с тем, что инертные по возбуждению лучше концентрируют внимание, проявляют большую ригидность, более аккуратны при выполнении умственной работы и выше проявляют сдержанность. Это же в принципе характеризует и лиц с преобладанием торможения, в частности им, свойственны, большая устойчивость к однообразию обстановки, лучшая усидчивость, аккуратность, сдержанность (Е. П. Ильин, 2001).

Несколько по иному эти связи проявляются на втором году обучения. Динамика успеваемости по социогуманитарному циклу дисциплин выше у лиц с подвижностью возбуждения (14,5 %) и торможения (14,6 %) в сравнении с «инертными» соответственно (7,9 % и 8,1 %). А также у учащихся имеющих средний уровень мотивации к успеху (14,8 %) и более осторожных к риску (15,4 %). Применительно к естественнонаучному циклу дисциплин значительное увеличение успеваемости наблюдается у лиц с инертностью возбуждения (9,0 %) и подвижностью торможения (7,7 %). Это же характерно для учащихся с преобладанием возбуждения по внешнему балансу (9,4 %) и преобладанием возбуждения и уравновешенности по внутреннему балансу (11,4 % и 14,2 %). В то время как у лиц с преобладанием торможения по внешнему и внутреннему балансам (соответственно -5,2 % и -2,8 %) наблюдаются отрицательные изменения. Применительно к этому циклу дисциплин определенное влияние оказывает

проявление мотивации. Выше динамика успеваемости у учащихся имеющих средний уровень мотивации к успеху (7,3 %), низкой мотивацией к защите (13,1 %) и более осторожных к проявлению риска (7,5 %). Динамика успеваемости в отношении общепрофессиональных дисциплин значительнее у лиц с более сильной нервной системой (8,4 %) и преобладанием возбуждения по внешнему балансу (7,7 %), чем у «слабых» (4,0 %) и «тормозных» (4,6 %). Одновременно учащиеся с высоким уровнем мотивации к избеганию неудач (7,9 %), со средним уровнем мотивации к успеху (7,3 %) и слишком осторожных к проявлению к риска (10,1 %) отличаются более высокой динамикой успеваемости. По результатам динамики успеваемости, на втором курсе, в целом по циклам дисциплин они выше у лиц с более сильной нервной системой, которых характеризует более высокий уровень концентрации внимания, и преобладание возбуждения по внутреннему балансу, а их отличает решительность, «агрессивность».

Существенно динамика успеваемости меняется на третьем курсе и чаще в сторону уменьшения. Так в отношении социогуманитарного цикла дисциплин, отмечаются только отрицательные изменения успеваемости, особенно это характерно для лиц различающихся подвижностью возбуждения, у инертных они меньше. При этом следует отметить значительное снижение успеваемости у учащихся имеющих подвижность возбуждения по всем циклам дисциплин, это наблюдается и в отношении проявления мотивации. По циклу общепрофессиональных дисциплин наблюдается разнонаправленная динамика успеваемости. Так, у учащихся имеющих инертность возбуждения (2,4 %) и преобладание торможения по внутреннему балансу (1,6 %) наблюдается положительная динамика в сравнении с лицами имеющими подвижность возбуждения (-4,5 %), преобладание возбуждения по внутреннему балансу (-9,2 %). Динамика успеваемости выше так же и у учащихся в мотивационном плане склонных к риску (1,6 %). Применительно к циклу специальных дисциплин, динамика успеваемости выше у учащихся с более сильной нервной системой (4,1 %), преобладанием возбуждения по внешнему балансу (8,2 %) и уравновешенных по внутреннему балансу (3,2 %). В отношении мотивационного фактора, отмечается более высокая динамика успеваемости у лиц с

низкой мотивацией к успеху (6,5 %) и склонных к риску (-3,2 %).

Учащиеся четвертого курса в сравнении с данными третьего курса имеют в целом более высокую динамику успеваемости. В отношении к циклу гуманитарных дисциплин значительные изменения наблюдаются у лиц с более слабой нервной системой (5,3 %) и подвижных по возбуждению (6,2 %). При этом различия по этим свойствам наблюдаются и по другим циклам дисциплин, правда, не всегда достигающие уровня достоверности. Значительные изменения имеют место у лиц уравновешенных по внешнему балансу (7,7 %) и с преобладанием торможения по внутреннему балансу (6,5 %). В отношении мотивационного фактора, лица склонные к риску имеют более высокий уровень изменения успеваемости (4,1 %). Различия в динамике успеваемости по циклу общепрофессиональных дисциплин выявлены у учащихся различающихся подвижностью возбуждения, внешним и внутренним балансом. Большие изменения наблюдаются у «подвижных» (7,2 %), «уравновешенных» (8,1 %) и «тормозных» (9,0 %) и готовых меньшей степени к риску (4,4 %). Одновременно обращает на себя внимание отсутствие достоверных различий в динамике успеваемости по циклу специальных дисциплин в отношении свойств нервной системы и мотивационных факторов. Но следует отметить то, что у лиц с более слабой нервной системой и подвижностью возбуждения динамика успеваемости учащихся четвертого курса по всем циклам дисциплин значительно выше в сравнении с более «сильными» и «инертными».

### **Заключение**

В целом полученные нами данные определенно указывают на то, что динамика успеваемости связана с типологическими особенностями проявления свойств нервной системы и мотивацией. В частности, применительно к циклу социогуманитарных дисциплин на протяжении четырех лет обучения, значительно улучшается успеваемость, у учащихся с уравновешенностью и преобладанием торможения по внешнему балансу, подвижных по возбуждению и средней готовностью к риску в мотивационной сфере. В отношении цикла естественнонаучных дисциплин, это инертность возбуждения, преобладание возбуждения и уравновешенность по внутреннему балансу и большая осторожность в мотивационном

плане. Применительно общепрофессиональных дисциплин изменение успеваемости в процессе обучения чаще, выше у учащихся с более слабой нервной системой, преобладанием торможения по внутреннему балансу и более осторожных в мотивационном плане. В меньшей степени это наблюдается в отношении специальных дисциплин.

Следует отметить некоторые особенности динамики успеваемости учащихся по годам обучения без привязки к циклу дисциплин. Так, среди учащихся первого года обучения значительно повышается успеваемость у лиц с инертностью возбуждения, более слабой нервной системой и средним уровнем мотивации к успеху. У учащихся второго года обучения динамика чаще выше у подвижных по торможению и более осторожных в мотивационном плане. На третьем году обучения лучшая динамика успеваемости у учащихся уравновешенных и с преобладанием торможения по внутреннему балансу и склонных к риску в мотивационной сфере. В отношении учащихся четвертого года обучения значительно повышается успеваемость у лиц с более слабой нервной системой, подвижностью возбуждения и преобладанием торможения по внутреннему балансу. Не однородность связей свойств нервной системы и дисциплин цикла возможна в силу их изменчивости по годам обучения. Анализируя связь динамики успеваемости со свойствами нервной системы, следует отметить, что лица имеющие более слабую нервную систему повышают успеваемость за счет устойчивости к монотонной деятельности, имеющей место в процессе обучения. В то время как инертность возбуждения способствует проявлению у человека большей терпеливости и настойчивости. Лица уравновешенные и с преобладанием торможения по внутреннему балансу, как показывает практика, обладают в определенных условиях большей работоспособностью [6]. Полученные нами данные, в определенной степени, подтверждаются имеющимися в литературе данными, в частности отмечается, что успешность обучения в наибольшей степени связана с характеристиками общих свойств нервной системы, невербального, вербального и общего интеллекта, в меньшей степени с видами склонностей и совсем в малой степени - с видами направленности [3]. В других исследованиях выявлена тенденция

к разделению «гуманитариев» и «естественников», показано в частности, что у «художников», чаще наблюдаются мнемические способности, выражающиеся в ярком запечатлении различных видов информации [5]. Возникает вопрос: является ли разделение на «художников» и «мыслителей» обладателей более выраженного вербального или наоборот невербального интеллекта, основанием формирования специализированных классов? Э.А.Голубева [1] отмечает, что «внешняя дифференциация обучения», предлагающая объединение учащихся в специальные учебные группы, и особенно «внутренняя дифференциация обучения», предполагающая учет индивидуальных различий учащихся в обычных классах целесообразна. Но она должна быть психологически обеспечена. Как нам представляется, анализируемые данные в определенной степени, могут быть использованы в формировании индивидуально-ориентированного обучения. Необходимым условием перехода к индивидуально-ориентированной организации учебного процесса - является преобразование программ содержания подготовки студентов в модульную форму [17]. Это позволит учащимся выбирать модули в соответствии со склонностями, способностями и индивидуально-психологическими особенностями. Одновременно при индивидуальном планировании учебных программ каждый учащийся может осваивать учебную программу в сокращенные сроки, причем степень сокращения сроков у разных студентов может оказаться разной, опять же, в зависимости от способностей, начальной подготовленности и индивидуальных психофизиологических различий. Важно иметь в виду то, что психологической информацией - об учебной и внеучебной активности, устремлениях учащегося - часто обладают опытные преподаватели и вдумчивые родители, которые могут помочь в выборе траектории индивидуального обучения. Конечно, это необходимо, но недостаточно: нужно знание о реально существующих зависимостях между характеристиками, относящихся к психофизиологическому, психологическому и социально-психологическому уровням. Вероятно, права Э.А. Голубева с соавт. [3] отметившая, что для осуществления продуктивного дифференцированного

обучения нужно решить задачу организации индивидуальной психофизиологической и психологической консультации.

### Библиографический список

1. Голубева, Э. А. Способности и индивидуальность [Текст] / Э. А. Голубева. - М.: Прометей, 1993.
2. Голубева, Э. А., Биоэлектрические корреляты памяти и успеваемость у старших школьников [Текст] / Э. А. Голубева, Е. П. Гусева, А. В. Пасынкова, Н. Е. Максимова, В. И. Максименко. - Вопросы психологии.-1974. №5.- С.40-52.
3. Голубева, Э. А. Опыт комплексного исследования учащихся в связи с некоторыми проблемами дифференциации обучения [Текст] / Э. А. Голубева, С. А. Изюмова, М. К. Кабардов, Б. Р. Кадыров, М. А. Матова, В. В. Печенков, В. В. Суворова, И. В. Тихомирова, З. Г. Туровская, Е. Д. Юсим. // - Вопросы психологии.-1991.-№2.-С. 132-140.
4. Дружинин, В. Н. Психология общих способностей [Текст] / В. Н. Дружинин. - СПб.: Питер Ком. - 1999.-368 с.
5. Изюмова, С. А. Два типа познавательных способностей и их проявление в школьном обучении [Текст] / С. А. Изюмова / - Творчество и педагогика. Т. 4. М.-1988.
6. Ильин, Е. П. Дифференциальная психофизиология [Текст] / Е. П. Ильин. - СПб.: Питер. - 2001. - 464 с.
7. Кабардов, М. Л., Межполушарная асимметрия и вербальные и невербальные компоненты познавательных способностей [Текст] / М. Л. Кабардов, М. А. Матова. - Вопросы психологии.-1988.№6
8. Калмыкова, З. М. Продуктивное мышление как основа обучаемости [Текст] / З. М. Калмыкова. - М.: Педагогика. - 1981
9. Клименко, А. И. Индивидуально-психологические различия во влиянии метода обучения на динамику и продуктивность умственной деятельности учеников 4-х классов [Текст] / А. И. Клименко. - В сб.: Типологические исследования психологии личности. - Пермь.-1967.- Вып.-№4.
10. Кулхар, С. Исследование некоторых психологических и психофизиологических факторов успешности обучения студентов интернационального вуза [Текст] / С. Кулхар. Дисс. ...канд. психол. наук. - М.-1989
11. Левочкина, И. А. Индивидуально-типологические особенности, как фактор обучаемости учащихся математических классов [Текст] / И. А. Левочкина, Е. П. Гусева. // Журнал прикладной психологии.- 2000.- №;- С. 8-16.
12. Левовицкий, Т. Цит. по Стреляу Я. Роль темперамента в психическом развитии [Текст] / Т. Левовицкий - М.: Прогресс.-1982

13. Мерлин, В. С. Очерки теории темперамента [Текст] / В.С. Мерлин. - Пермь.- 1973.- 292 с.

14. Печенков, В. В. Соотношение общих и специально человеческих типов высшей нервной деятельности, как проблема психофизиологии индивидуальных различий [Текст] / В. В. Печенков. Дис. ...канд. псих. Наук. М. -1987.

15. Печенков, В. В. Проблема общих и специально человеческих типов высшей нервной деятельности и их психологических проявлений. В кн.: Способности и склонности: комплексные исследования [Текст] / В. В. Печенков - М.: Педагогика.- 1998.- С. 22-33

16. Рубинштейн, С. Л. Проблемы общей психологии [Текст] / С. Л. Рубинштейн - М.: Педагогика.- 1973.- 424 с.

17. Сазонова, Б. А. Индивидуально ориентированный учебный процесс- путь к индивидуализации образования [Текст] / Б. А. Сазонова. // Альма - Матер.- 2011.- N98. С. 12-18.

18. Самойлова, В. А. Цит.: по Дружинину В. Н. Психология общих способностей [Текст] / В. А. Самойлова, Л. М. Ясюкова. - Питер Ком. - 1999.- 368 с.

19. Теплов, Б. М. Избранные труды. В 2-х т.- Т. 1 [Текст] / Б. М. Теплов. - М.: Педагогика,- 1985.- 328 с.

### **THE DYNAMICS OF PROGRESS AT THE PUPILS, DIFFERENT INDIVIDUALLY-PSYCHOLOGICAL FEATURES**

V. A. Salnikov, D. A. Klenin, S. E. Bebinov, E.  
M. Revenko, A. P. Zhigadlo

It is shown that the dynamics of progress, the blocks of disciplines, from college students is associated with the typological features of manifestations of the nervous system properties,

and motivation. The data obtained can be used in the formation of individual - oriented education, which is necessary for the implementation of the modular version.

*Сальников Виктор Александрович – доктор педагогических наук, профессор кафедры «Физическое воспитание» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Основные направления научной деятельности: Психолого-педагогические вопросы образования. Общее количество опубликованных работ: 320. e-mail: salnikov\_va@sibadi.org.*

*Кленин Дмитрий Анатольевич – аспирант «Эксплуатация и ремонт автомобилей», ФГБОУ ВПО «СибАДИ». e-mail: the-doctor-7@rambler.ru*

*Бебинов Сергей Евгеньевич – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Физическое воспитание» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Основные направления научной деятельности: Психолого-педагогические вопросы образования. Общее количество опубликованных работ: 50. e-mail: bebinov.ru@gmail.com.*

*Ревенко Евгений Михайлович – кандидат педагогических наук, заведующий, доцент кафедры «Физическое воспитание» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Общее количество опубликованных работ: 45. e-mail: revenko.76@mail.ru.*

*Жигadlo Александр Петрович – доктор педагогических наук, доцент кафедры «Инженерная педагогика», ФГБОУ ВПО «СибАДИ», декан факультета «Автомобильный транспорт» Основные направления научной деятельности: Психолого-педагогические вопросы образования. Общее количество опубликованных работ: 75. e-mail: zhigadlo\_ap@sibadi.o*



УДК 37.013.46

## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ДИДАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА В ЦЕЛЯХ РАЗВИТИЯ ЛОГИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ И ПАМЯТИ СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ С ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ

Е. В. Цупикова

**Аннотация.** В предлагаемой ниже статье процесс развития памяти человека рассматривается как формирование особых способов организации его собственной деятельности во временной протяженности, включающих соотношение прошлого, настоящего и будущего. Выводы, сделанные автором, позволяют усовершенствовать учебный процесс высшей школы за счет эффективного развития памяти обучающихся.

**Ключевые слова:** память, виды памяти, мышление, внутренняя речь, знание.

### Введение

Эффективная работа мышления немыслима без тренированной памяти. В психологической литературе выделяются три основных группы видов памяти:

1) двигательная, эмоциональная, образная и словесно-логическая (по характеру преобладающей психической активности),

2) произвольная и непроизвольная (по характеру целей деятельности),

3) кратковременная, долговременная и оперативная (по продолжительности сохранения и характеру использования информации).

Нас интересует произвольная форма памяти, для которой характерна сознательная установка субъекта на будущее воспроизведение, выполняет в структуре познавательной деятельности организующую функцию, направляя все познавательные процессы на достижение мнемической цели [1]. Произвольными формами памяти являются кратковременная, долговременная и оперативная память.

Кратковременная память – способ хранения информации в течение короткого промежутка времени (быстрое запоминание, немедленное воспроизведение и краткое сохранение 7-9 ключевых элементов). Эта память производит качественный отбор информации в связи с ее значимостью для решения конкретных задач. Эта перестройка является «...результатом непреднамеренной, но, безусловно, направленной работы мысли внутри воспроизведения» [2: 305].

Оперативная память, связанная с сознательной постановкой и решением задачи на запоминание, включается в процесс

освоения и построения текста при восприятии или конструировании отдельных речевых ситуаций.

Долговременная память, сохраняющая в виде схем и тематических сетей текстов опыт индивида, включается при выявлении пресуппозиций воспринимаемого текста. При переводе информации из кратковременной в долговременную память она обычно еще раз перекодируется и включается в смысловые структуры и связи, уже имеющиеся в долговременной памяти. Этот процесс основан на мышлении, на сознательном придании информации определенного смыслового значения. Это значит, что долговременная память имеет смысловую организацию.

### Основная часть

Высшим видом памяти, присущим только человеку, считается вербальная (символическая, семантическая, словесно-логическая) память. С ее помощью образуется интеллектуальная база человека. Словесно-логическая память как продукт культуры включает в себя формы мышления, способы познания и анализа, основные грамматические правила родного языка – это память на абстрактный, отвлеченно-символический материал. Она подразделяется на словесную и логическую память.

Особенности логической памяти проявляются в запоминании только смысла запоминаемого материала, то есть происходит его переработка в обобщенных понятиях. Активная мыслительная переработка информации ведет к перестройке процессов запоминания ([3], [4], [5], [6] и др.) и воспроизведения ([5], [6] и др.) Использование

мыслительных операций в работе памяти оказывает позитивное влияние на ее показатели ([7], [8] и др.).

При смысловом запоминании воспроизводится смысловое содержание текста, при этом выражение одного и того же содержания может быть различным. Смысловое запоминание основано на использовании мышления в процессе запоминания: материал анализируется, в нем устанавливаются логические взаимосвязи. Я. А. Каменский считал неременным условием прочного усвоения знаний осознанность запоминаемого материала: «Ничего нельзя заставить запомнить, кроме того, что хорошо понято» [9: 348]. Знать изучаемый материал – значит уметь: осмысленно и полностью его воспроизводить; воспроизводить его в сокращенном виде; выделить в материале главные положения; разъяснять суть усвоенных правил, выводов и других теоретических положений; отвечать на прямые и косвенные вопросы по изучаемому материалу; расчленять материал на составные части и составлять его план устно и письменно; иллюстрировать теорию примерами; письменно отвечать на вопросы по изученному материалу; устанавливать связь изучаемого материала с ранее изученным; применять полученные знания на практике; переносить усвоенные знания на объяснение других явлений [10].

Необходимость развития логической памяти обучающихся не вызывает сомнений. Однако важно выявить условия, при которых ее развитие будет осуществляться быстро и эффективно в образовательном процессе, а также средства, которыми оно будет производиться.

Понятие «развитие памяти», в том числе и логической, остается еще мало определенным. В основном преобладает тенденция сводить развитие памяти к увеличению объема сохраняемой информации. Развитие памяти выступает в качестве проблемы психологии обучения, поскольку индивидуальные свойства памяти рассматриваются скорее как условие успешного усвоения, predetermined биологической наследственностью, чем как результат той или иной организации самой учебной деятельности обучающихся. Но развитие памяти является и психологической, и педагогической проблемой.

В соответствии с устоявшимися в педагогической практике схемами усвоения информации логика структуры занятия

строится таким образом: 1) восприятие учебного материала, 2) понимание, 3) запоминание. За этой схемой легко усматривается следующее упрощение: сведение усвоения к запоминанию, а запоминания – к биологической способности мозга к запечатлению. Тем самым снимается проблема активности личности, проблема ее психического развития в процессе собственной деятельности учения.

В формировании внутренних средств запоминания центральная роль принадлежит речи. «Можно предположить, – замечает А. Н. Леонтьев, – что сам переход, совершаемый от внешне опосредствованного запоминания к запоминанию, внутренне опосредствованному, стоит в тесной связи с превращением речи из чисто внешней функции в функцию внутреннюю» [7: 76]. Исходя из особой роли, которую играет речь в процессах запоминания и воспроизведения, можно сделать следующий вывод: то, что мы можем выразить словами, обычно запоминается лучше, чем-то, что может быть воспринято только зрительно или на слух. Если, кроме того, слова не просто выступают как вербальная замена воспринятого материала, а являются результатом его осмысления, т.е. если слово не название, а понятие, содержащее в себе связанную с предметом существенную мысль, то такое запоминание является наиболее продуктивным. Чем активнее мы перерабатываем получаемую учебную информацию, тем легче и прочнее запоминается материал.

В отечественной психологии преимущественное развитие получило направление в изучении памяти, связанное с общепсихологической теорией деятельности ([7], [4], [5] и др.). Деятельностная теория памяти позволяет понять развитие памяти как процесс качественного изменения способов организации опыта индивидом. Развитие памяти не сводится к накоплению и сохранению опыта, процесс развития не есть рост объема информации, навыков, а также некоторых приемов их приобретения и извлечения. Процесс развития памяти человека рассматривается как формирование особых способов организации его собственной деятельности во временной протяженности, включающих соотнесение прошлого, настоящего и будущего.

В отличие от понимания, трактующего развитие памяти как развитие форм поведения в отношении к прошлому, данный

подход рассматривает развитие памяти как образование и выделение специальной системы действий человека, реконструирующих, преобразующих, регулирующих актуальный опыт субъекта по отношению к будущему. Развитие памяти – это не возрастание ретроспективности, а рост перспективности человеческого поведения.

Обобщая вышесказанное, можно сказать, что процесс развития логической памяти человека рассматривается как формирование особых способов организации деятельности, опирающейся на установление и запоминание смысловых связей и отношений в материале, который необходимо запомнить.

Изучение психологических механизмов развитых форм памяти и их функций в деятельности человека показало, что запоминание регулируется не целью «сохранить», а целью воспроизвести и применить на практике. Сохранение – не цель, а побочный эффект такой организации, результат построения системы.

Таким образом, информация в целях запоминания и дальнейшего применения должна быть трансформирована в структуры совершенно иного рода, а именно в собственные знания обучающегося, речь об этом шла выше. Об этом пишет Л. В. Черемошкина [11: 168]. Формы реконструкции, которые она выделяет, при воспроизведении являются переработкой материала, все они в совокупности – результат сложной мыслительной деятельности, включающей обобщение, выделение частного и единичного, определение сходства и

различия, выделение главного, существенного и т.д. Эта деятельность мышления *опирается на языковые и речевые преобразования информационной данности*. Производится воспроизведение наиболее существенной информации с точки зрения данного угла рассмотрения, в количестве и объеме, соответствующих оптимальным показателям ее переработки человеком.

Анализируя способы обработки материала при запоминании и формы переработки информации при воспроизведении, следует отметить их специфику, обусловленную не только мыслительными способностями субъекта деятельности, но и особенностями организации дидактического материала, а также содержания изучаемого курса. Сопоставление зависимостей показателей памяти от разнообразных свойств материала и задач воспроизведения раскрывают функциональное многообразие действия и позволяют установить его состав. В составе мнемического действия, реализующего задачу воспроизведения объекта, В. Я. Ляудис выделяет четыре операции: категоризация, выделение групп, установление внутригрупповых отношений, построение межгрупповых отношений (целостной системы связей) [12]. Мы определили операционные механизмы логической памяти, задействованные в процессе работы с текстовой информацией и соотнесли их с описанными выше операциями:

Таблица 1 - Операционные механизмы логической памяти

Операция	Операционные механизмы логической памяти и их характеристика
Категоризация	<i>Опорные пункты, мнемический план</i> <i>Классификация</i> (распределение предметов, явлений, понятий по классам, группам на основе каких-либо общих признаков)
Выделение групп	Группировка (разбиение материала на группы по каким-либо основаниям – смыслу, ассоциациям и т.д.).
Установление внутригрупповых отношений	<i>Структурирование</i> (установление взаимного расположения частей, внутреннего строения запоминаемого); <i>систематизация</i> (установление порядка в расположении частей целого и связей между ними); <i>аналогия</i> (установление сходства, подобия в определенных отношениях различных предметов, явлений); <i>ассоциация</i> (установление связей по сходству, смежности, или противоположности запоминаемого с индивидуальным опытом субъекта и т. д.)
Построение межгрупповых отношений	<i>Схематизация</i> (представление информации в общих чертах); <i>серийная организация материала</i> (распределение по объему, времени и др.)
Изложение текста	<i>Перекодирование</i> (преобразование информации на основе семантических связей); <i>дистраивание запоминаемого материала (контртекст)</i>

Один из этапов изложения текста характеризуется выполнением лексико-грамматического структурирования, включающим фазу абстрагирования, а именно процессы категоризации (выделение минимальных единиц опознания из общего контекста – ключевых денотатов), концептуализации (объединение единиц по сходству, тождеству, установление связей между ними) и классификации (деление представлений на классы/подклассы, представление целостной иерархии, в которую включено рассматриваемое представление). В этих процессах ведущую

роль играет память как источник сравнения, сопоставления, классификации и т.д.

Например, в предложении *Курить – здоровью вредит* представлены одни предикаты. Денотатами высказывания, соответствующими этому предложению, служат представления, обозначаемые словами *человек* ( $D_1$ ), *табак* ( $D_2$ ), *внутренние органы человека* ( $D_3$ ). Ни один из этих денотатов не представлен в семантике предложения. Пресуппозиционный смысл предложения таков: человек, который курит табак, наносит вред своим внутренним органам, их здоровью. (Покажем фрагмент схемы):

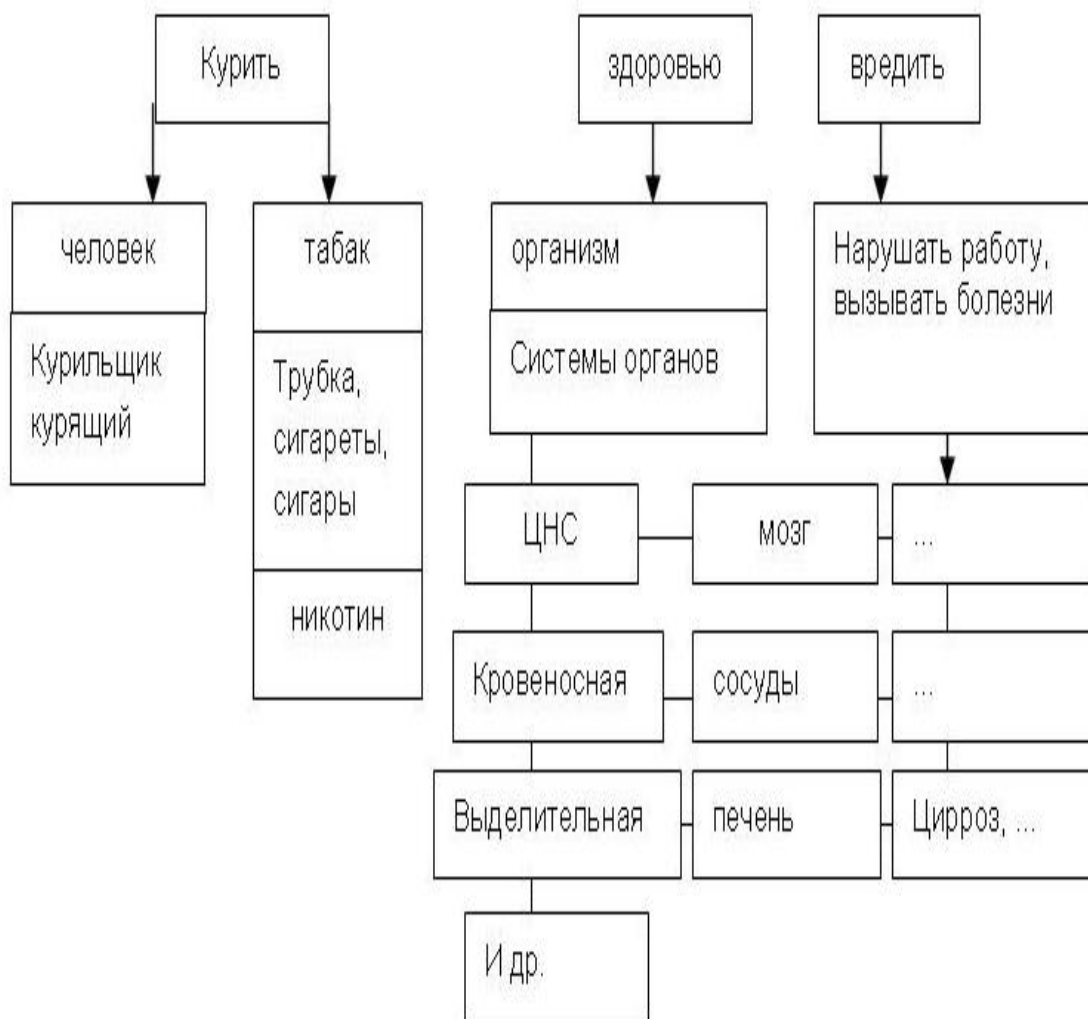


Рис. 1. Денотативно-предикативный анализ высказывания курить - здоровью вредит

Схема может быть развернута с любого компонента:

- сейчас мы видим в магазинах большой ассортимент *табачных* изделий. Предложение определяется спросом. Не курят сейчас, пожалуй, только грудные младенцы... А ведь давным-давно появилась народная мудрость: Курить – здоровью вредить. Что тут непонятного? Почему подростки не верят мудрости? Возможно, потому, что им следует объяснить более конкретно. Это можно сделать с помощью воспитательной беседы такого содержания. Курильщик – это...правильно, это человек. Никто больше в природе не использует табак для того, чтобы наносить вред своим органам. В табаке содержится слабый наркотик – никотин. Никотин разрушает органы человека. Какие органы страдают прежде всего? Это мозг, печень, почки, сосуды, сердце... список можно продолжить. Какой вред наносится организму никотином? ...какие болезни могут быть вызваны курением?...;

- говорят, *здоровье* не купишь... а вот нездоровье – пожалуйста. Каждый день курильщики покупают в магазинах рак легких, цирроз печени, импотенцию, бесплодие...(и т.д.);

- *человек* – разумное существо, исследователь, создатель... Человеческая мысль покорила пространство и время. Новые технологии появляются каждый день, и развитие науки идет семимильными шагами. Однако не всегда изобретения приносят пользу. Например, табак и способы его употребления... (тут студент переходит к истории вопроса).

Хотя любая деятельность, в том числе и запоминание, является целостным процессом (гештальт-структурой), осваивать деятельность целиком как единое образование нельзя. Одна из причин этого – ограниченный объем оперативной памяти. Г.Миллер на основе многих экспериментальных и теоретических исследований пришел к выводу, что оперативная память человека выражается формулой  $7 \pm 2$ . Для того, чтобы учащиеся смогли воспроизвести больше, чем  $7 \pm 2$  действия (понятия), нужно некоторые понятия освоить как единое представление, и тогда уже учащийся сможет воспроизвести уже не  $7 \pm 2$  элементарных понятия, а  $7 \pm 2$  более сложных. Дальнейшее обобщение учебных действий позволяет учащемуся использовать как единое действие комплекс навыков или умений (объединять умения в

деятельностные программы, которые служат аспектами более сложной деятельности) [13].

### Выводом

К сказанному может служить утверждение о том, что речь является механизмом фиксации знаний в мышлении человека. При этом учет семантики и особенностей функционирования языковых и речевых единиц выполняет главную роль при формировании механизмов логического мышления, и памяти в частности. Поэтому лингвометодическая система развития речи и мышления студентов включает методику работы над текстом (его освоения и построения), которая опирается на закономерности функционирования разных видов памяти.

### Библиографический список

1. Бочарова, С. П. Психология и память/ С. П. Бочарова. – М.: Изд-во Гуманитарный Центр, 2007. – 384с.
2. Рубинштейн, С. Л. Основы общей психологии: В 2 т. / С. Л. Рубинштейн. – М., 1989. – Т. 1. – 560с.
3. Бине, А. Измерение умственных способностей // Альфред Бине; [Пер. с фр. М. Владимирского]. – СПб.: Союз, 1998. – 430с.
4. Зинченко, П. И. Непроизвольное запоминание : избранные психологические труды / П. И. Зинченко ; под ред. В. П. Зинченко и Б. Г. Мещерякова ; Акад. пед. и социальных наук, Московский психолого-социальный ин-т. – Москва ; Воронеж: МОДЭК, 1996. – 543с.
5. Смирнов, А. А. Проблемы психологии памяти / А. А. Смирнов. – М.: Изд-во Просвещение, 1966. – 422 с.
6. Торндайк, Эдвард Ли. Принципы обучения, основанные на психологии / / Э. Торндайк. Психология как наука о поведении / Дж. Б. Уотсон. – М.: АСТ-ЛТД, 1998. – 701с.
7. Леонтьев, А. Н. Проблемы развития психики / А.Н. Леонтьев. – М.: Изд-во Мысль, 1965. – 572с.
8. Эббингауз, Г. Очерк психологии // Г. Эббингауз. Психология / А. Бэн. – М.: АСТ, 1998. – 527с.
9. Каменский, Я. А. Избр. педагогические сочинения / Я. А. Каменский. – М., 1955. – 320с.
10. Харламов И. Ф. Педагогика: Уч. пос./ И.Ф. Харламов. – М.: - М.: Изд-во Юистъ, 1997.- 512 с.
11. Черемошкина, Л. В. Психология памяти / Л. В. Черемошкина. – М.: Изд-во Academia , 2002. - 367, [1] с.
12. Ляудис, В. Я. Процесс формирования письменного высказывания / В. Я. Ляудис //Формирование учебной деятельности студентов. – М., 1979. – С.173-180.
13. Миллер Дж. Магическое число семь плюс или минус два.// Инженерная психология. – М.: “Прогресс”, 1964. – С. 192-225.

**THE FEATURES OF DIDACTIC MATERIAL  
ARRANGEMENT AIMED AT LOGICAL  
THINKING DEVELOPMENT AND MEMORY  
TRAINING OF STUDENTS, DEALING WITH  
TEXT INFORMATION**

Helena V. Tsoupikova

The article below regards human memory development as specific ways of individual activity arrangement in time, i.e. through correlation of the past, the present and the future.

The conclusions drawn by the author shall improve the teaching process through the effective memory training of higher education students.

*Цупикова Елена Викторовна, кандидат педагогических наук, доцент, Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ). Основные направления научной деятельности: семантика, лексикология, психолингвистика, когнитология, методика преподавания языков. Общее количество опубликованных работ: 54. e-mail: chisel43@yandex.ru*

## Требования к оформлению научных статей, направляемых в “Вестник СибАДИ”

**О рассмотрении** поступивших материалов. В редакции все поступившие статьи направляются на рецензирование. Выказанные замечания передаются автору по электронной почте. После переработки материалы вновь рассматривает рецензент, после чего принимается решение о возможности публикации. **Решение о публикации статей** принимается редколлегией, в состав которой входят ведущие ученые ФГБОУ ВПО СибАДИ.

**Об оформлении.** Материалы необходимо предоставить в электронном и бумажном виде. Объем статьи не должен превышать **7 страниц**.

Статья представляется в редакторе Microsoft Office Word 2003 – шрифт "Arial" (10 пт), отступ первой строки 0,6 см., межстрочный интервал одинарный. **Поля:** верхнее – 3,5 см, остальные – по 2,5.

**Заголовок.** В верхнем левом углу листа проставляется УДК (размер шрифта 10 пт.). Далее по центру полужирным шрифтом размером 12 пт. прописными буквами печатается название статьи, ниже обычным шрифтом (12 пт.) – инициалы, фамилия автора. Через строку помещается текст аннотации на русском языке, ещё через строку – ключевые слова.

**Аннотация** (на русском языке). Начинается словом «**Аннотация**» с прописной буквы (шрифт полужирный, курсив, 10 пт.); точка; затем с прописной буквы текст (курсив, 10 пт.).

**Ключевые слова:** помещаются после слов **ключевые слова** (ж, размер шрифта 10 пт), (двоеточие) и должны содержать не более 5 семантических единиц.

**Основной текст статьи** набирается шрифтом 10 пт. и включает в себя **введение, основную часть и заключение**. Части статьи озаглавливаются (шрифт полужирный, 10 пт).

**Ссылки на литературные источники в тексте** оформляются числами, заключенными в квадратные скобки [1]. Ссылки должны быть *последовательно пронумерованы*.

Ниже основного текста печатается по центру жирным шрифтом заглавие **Библиографический список** и помещается пронумерованный перечень источников (шрифт 9 пт) в соответствии с действующими требованиями к библиографическому описанию **ГОСТ 7.05-2008**

В конце публикации, после библиографического списка, размещается **Аннотация** на английском языке. Название статьи (шрифт полужирный, 10 пт.) и авторы - инициалы, фамилия (шрифт обычный, 10 пт.), выравниваются по центру. Текст аннотации (шрифт 10 пт.) выравнивается по ширине.

После аннотации размещают **информацию об авторе** (шрифт 9 пт. курсив): фамилия, имя, отчество – ученая степень и звание, должность и место работы. Основное направление научных исследований, общее количество публикаций, а также адрес электронной почты.

**Формулы** необходимо набирать в редакторе формул Microsoft Equation.

**Таблицы и иллюстрации (с расширением JPEG, GIF, BMP) предоставляются в отдельных файлах.** И должны быть пронумерованы (Таблица 1 – Заголовок, Рис. 1. Наименование), озаглавлены (таблицы должны иметь заглавие, выравнивание по левому краю, а иллюстрации – подрисуночные подписи, выравнивание по центру) и помещены **в отдельных файлах**.

В основном тексте должны содержаться лишь ссылки на них: **на рисунке 1., в таблице 3.....**

**Реферат статьи**, предназначенный для публикации в реферативном журнале, составляется на русском и английском языках и помещается в отдельном файле.

**Материалы для размещения в базе данных РУ НЭБ** представляются в отдельном файле.

1.\* Фамилия, имя, отчество автора\*\*.

2.\* Место работы автора (если таковое имеется) в именительном падеже, адрес организации, должность\*\*.

3.\* Контактная информация (почтовый адрес, e-mail при её наличии)\*\*.

4.\* Название статьи.

5.\* Аннотация.

6.\* Ключевые слова: каждое слово или словосочетание отделяется от другого запятой или точкой с запятой.

7. Коды: УДК и/или ББК, и/или DOI и/или других классификационных индексов или систем регистрации.

8. Список пристатейных ссылок (или пристатейный список литературы).

\* Эти пункты приводятся на русском и английском языках.

\*\* Эти пункты указываются для каждого автора отдельно.

Важно четко, не допуская иной трактовки, указать место работы конкретного автора и должность.

**Рукопись** статьи должна быть подписана всеми соавторами с фразой: «статья публикуется впервые» и датой.

**Сведения об авторе** распечатываются и помещаются в отдельном файле в соответствии с образцом «Регистрационная карта автора».

Название файлов должно быть следующим: «Статья\_Иванова\_АП», «Рисунки\_Иванова\_АП», «РК\_Иванова\_АП», «РФ\_ст\_Иванова\_АП» (

**Вместе со статьей предоставляют:**

1. **ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ** о возможности опубликования в открытой печати.

2. **РЕЦЕНЗИЯ** специалистов с учёной степенью.

3. Лицензионный договор между ФГБОУ ВПО «СибАДИ» и авторами.

**Материалы не соответствующие вышеуказанным требованиям не рассматриваются**

**Контактная информация:**

e-mail: [Vestnik\\_Sibadi@sibadi.org](mailto:Vestnik_Sibadi@sibadi.org);

Почтовый адрес: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5.

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия.

Редакция журнала «Вестник СибАДИ»,

патентно-информационный отдел – каб. 3232. тел. (3812) 65-98-33

Выпускающий редактор «Вестника СибАДИ» - Юренко Татьяна Васильевна

сот. тел. 89659800019

Поступившие в редакцию материалы не возвращаются.

Гонорары не выплачиваются.

**Статьи аспирантов публикуются бесплатно.**

Информация о научном рецензируемом журнале

«Вестник СибАДИ» размещена на сайте:

**<http://vestnik.sibadi.org>**



# **ВЕСТНИК СИБАДИ**

**Выпуск 4 (26) - 2012**

## **Главный редактор**

В. Ю. Кирничный  
Ректор ФГБОУ ВПО «СибАДИ»

## **Заместитель главного редактора**

В. В. Бирюков  
Проректор по научной работе

## **Заместитель главного редактора**

А. М. Завьялов

Информация о научном рецензируемом журнале  
«Вестник СибАДИ» размещена на сайте:  
**<http://vestnik.sibadi.org>**

**Контактная информация:** e-mail: **Vestnik\_Sibadi@sibadi.org**;  
Почтовый адрес: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5.  
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия.  
Редакция журнала «Вестник СибАДИ»,  
патентно-информационный отдел – каб. 3232. тел. (3812) 65-98-33.

Компьютерная верстка  
Юренко Т.В.

Ответственный за выпуск  
Юренко Т.В.

Печать статей произведена с оригиналов,  
подготовленных авторами.

Подписано в печать 01.06.2012  
Формат 60×84 1/8. Гарнитура Arial  
Печать оперативная. Бумага офсетная  
Усл. печ. л. 21,25. Тираж 500 экз.

Отпечатано в подразделении оперативной полиграфии УМУ СибАДИ  
Россия, 644080, г. Омск,  
пр. Мира, 5