

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 1 (29)

Омск  
2013

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

<i>Учредители:</i>	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)»
<i>Свидетельство о регистрации</i>	ПИ № ФС77-50593 от 11 июля 2012 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.

**Вестник СибАДИ** : Научный рецензируемый журнал. – Омск: ФГБОУ ВПО «СибАДИ». - № 1 (29) . – 2013. – 147.

Научный рецензируемый журнал «**Вестник СибАДИ**» входит в **перечень ведущих периодических изданий рекомендованных ВАК** решением президиума ВАК от 25.02.2011 г. Входит в международный каталог Ulrich's International Periodicals Directory. С 2009 года представлен в Научной Электронной Библиотеке [eLIBRARY.RU](http://eLIBRARY.RU) и включен в **Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)**. **Подписной индекс 66000** в каталоге агентства "РОСПЕЧАТЬ" **Редакционная коллегия** осуществляет экспертную оценку, рецензирование и проверку статей на плагиат

<p><i>Редакционная коллегия:</i> <b>Главный редактор</b> – Кирничный В. Ю. д-р экон. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ"; <b>Зам. главного редактора</b> – Бирюков В. В. д-р экон. наук, проф. ФГБОУ ВПО "СибАДИ"; <b>Исполнительный редактор</b> – Архипенко М. Ю. канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВПО "СибАДИ"; <b>Выпускающий редактор</b> – Юренко Т. В.</p> <p><i>Члены редакционной коллегии:</i> <b>Витвицкий Е. Е.</b> д-р техн. наук, доц. <b>Волков В. Я.</b> д-р техн. наук, проф. <b>Галдин Н. С.</b> д-р техн. наук, проф. <b>Епифанцев Б. Н.</b> д-р техн. наук, проф. <b>Жигadlo А. П.</b> д-р пед. наук, доц. <b>Кадисов Г.М.</b> д-р техн. наук, проф. <b>Матвеев С. А.</b> д-р техн. наук, проф. <b>Мещеряков В. А.</b> д-р техн. наук, доц. <b>Мочалин С.М.</b> д-р техн. наук, доц. <b>Плосконосова В. П.</b> д-р филос. наук, проф. <b>Пономаренко Ю.Е.</b> д-р техн. наук, доц. <b>Прокопец В.С.</b> д-р техн. наук, проф. <b>Сиротюк В. В.</b> д-р техн. наук, проф. <b>Смирнов А. В.</b> д-р техн. наук, проф. <b>Хаирова С. М.</b> д-р экон. наук, доц. <b>Щербаков В. С.</b> д-р техн. наук, проф.</p> <p><i>Международный редакционный совет журнала:</i> <b>Винников Ю. Л.</b> д-р техн. наук, проф., член Украинского общества механики грунтов, геотехники и фундаментостроения, член ISSMGE, действительному член Академии строительства Украины (<b>Украина</b>) <b>Жусупбеков А. Ж.</b> президент Казахстанской геотехнической ассоциации, директор геотехнического института при ЕНУ им Л.Н. Гумилева, д-р техн. наук., проф., член ISSMGE. (<b>Казахстан</b>) <b>Лим Донг Ох</b> д-р инженерных наук, проф. Президент Университета Джунгбу (<b>Южная Корея</b>) <b>Лис Виктор</b> канд.техн.наук., инженер – конструктор специальных кранов фирмы Либхерр – верк Биберах отдела ГмбХ (<b>Германия</b>) <b>Подшивалов В. П.</b> д-р техн. наук, проф., зав. каф. инженерной геодезии Белорусского национального технического университета (<b>Белоруссия</b>) <b>Хмара Л. А.</b>, д-р техн. наук, проф., зав. каф. «Строительные и дорожные машины» (<b>Украина</b>)</p>	<p><i>Editorial board:</i> <b>Kirnichny V.</b> Doctor of Economical Science, Professor SibADI, Editor-in-chief <b>Birukov V.</b> Doctor of Economical Science, Professor SibADI, Deputy editor-in-chief <b>Arkhipenko M.</b> Candidate of Technical Science, SibADI, Executive Editor <b>Yurenko T.</b> Publishing Editor</p> <p><i>Members of editorial board:</i> <b>Vitvitsky E.</b> Doctor of Technical Science Docent <b>Volkov V.</b> Doctor of Technical Science, Professor <b>Galdin N.</b> Doctor of Technical Science, Professor <b>Epifantzev B.</b> Doctor of Technical Science, Professor <b>Jigadlo A.</b> Doctor of Pedagogical Science, Professor <b>Kadisov G.</b> Doctor of Technical Science, Professor <b>Matveev S.</b> Doctor of Technical Science, Professor <b>Mescheryakov V.</b> Doctor of Technical Science, Docent <b>Mochalin S.</b> Doctor of Technical Science, Docent <b>Ploskonosova V.</b> Doctor of Philosophy, Professor <b>Ponomarenko Yu.</b> Doctor of Technical Science, Docent <b>Prokopets V.</b> Doctor of Technical Science, Professor <b>Sirotyk V.</b> Doctor of Technical Science, Professor <b>Smirnov A.</b> Doctor of Technical Science, Professor <b>Khairova S.</b> Doctor of Economical Science, Docent <b>Scherbakov V.</b> Doctor of Technical Science, Professor</p> <p><i>International Editorial Board of the magazine:</i> <b>Vinnikov J. L.</b> Dr.-Ing. Science, a member of the Ukrainian Society of Soil Mechanics, Geotechnics and Foundation, a member of ISSMGE, member of the Academy of Construction of Ukraine (Ukraine) <b>Zhusupbekov A. J.</b> President of Kazakhstan Geotechnical Association, Director of Geotechnical Institute at ENU LN Gumilev, Dr.-Ing. Science, Professor, member ISSMGE. (Kazakhstan) <b>Lim Dong Oh</b> Dr. of Engineering, Professor University President Dzhungbu (South Korea) <b>Victor Lis</b> Dr. – lang (WAK) Entwick lungsinjenieur Buro Krantechnic, Konstruktion Sonderkrane Liebherr – Werk Biberach CmbH (Germany) <b>Podshivalov V. P.</b> Dr. teh.h Sci., Head. Univ. Surveying Engineering of the National Technical University (Belarus) <b>Khmara L. A.</b> Dr.-Ing. Sci., Head. Univ. "Construction and Road Machines" (Ukraine)</p>
--	---

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ I

#### ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

<b>Е. Е. Витвицкий, А. В. Ананьев</b> Применение отправительского метода организации централизованных автомобильных перевозок грузов в городах	7
<b>В. Ю. Иванов</b> Моделирование процесса управления загрузкой двигателя рыхлительного агрегата	14
<b>А. И. Ковальчук, А. А. Александров, А. В. Евстифеев, В. В. Евстифеев</b> Расчет параметров процесса комбинированного выдавливания полых деталей переменного сечения	18
<b>Е. А. Корчагина</b> Результаты исследования вибрационных воздействий катка ДУ-107 на оператора	23
<b>В. Н. Кузнецова, А. Д. Дерман, В. В. Савинкин, Л. Н. Киселева</b> Сравнительный анализ организации ремонта шеек коленчатых валов двигателей ЗМЗ-402	27
<b>Е. А. Левитская</b> Возможность скрытой дистанционной оценки степени алкогольного опьянения водителя транспортного средства	31
<b>С. В. Савельев</b> Обоснование параметров адаптивных катков для уплотнения грунтов	35
<b>А. В. Филатов</b> Управление процессом впрыска топлива в дизельных двигателях	39
<b>В. С. Щербаков, В. Н. Галдин</b> Основные показатели гидравлических импульсных систем строительных машин	47

### РАЗДЕЛ II

#### СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

<b>Е. А. Вдовин, Л. Ф. Мавлиев, В. Ф. Строганов</b> Пути повышение эффективности укрепления грунтов для строительства дорожных одежд	52
<b>Г. Л. Горынин, А. Ф. Власко</b> Математическое моделирование упругих макрохарактеристик для волокнистых материалов при расчете конструкций транспортных сооружений	58
<b>А.Ф. Косач, М.А. Ращупкина, Н.А. Гутарева, А. В. Обадьянов</b> Особенности структурообразования бетона при механоактивации заполнителя	64
<b>Т. В. Семенова, В. Н. Герцог</b> Пластическое деформирование материалов с дискретной структурой в условиях трехосного сжатия при воздействии циклических нагрузок	68
<b>В. И. Сологаев</b> Применение метода автомобильных движений с численным моделированием при решении фильтрационных задач в городском, дорожном и мелиоративном строительстве	73
<b>С. Ю. Столбова</b> Анализ точности геометрических параметров изготовленных железобетонных колонн и ферм для возведения одноэтажного производственного здания	81

### РАЗДЕЛ III

#### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

<b>О. Б. Ильясова, И. К. Шелков</b> Параметрический анализ исходных данных задач начертательной геометрии	82
<b>И. М. Мальцев, К. А. Михайлов, Н. А. Михайлова</b> Описание математической модели распределения часов самостоятельной работы в учебных планах с учетом ФГОС	86
<b>А. М. Пуртов</b> Разработка геоинформационной системы для анализа автотранспортных сетей	89

РАЗДЕЛ IV  
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

**В. Н. Елкина**

Консолидация малого и среднего бизнеса в территориальные бизнес-сообщества как один из путей снижения транзакционных издержек 96

**Т. В. Иванова**

Образование интегрированной хозяйственной структуры на основе ОАО «ОМАСКБ» и ОАО «ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» 103

**В. В. Бирюков, В. Ю. Кирничный**

Выбор рациональных форм и методов управления в строительном производстве и повышение его конкурентных преимуществ 111

**С. В. Кондратюков, С. С. Стаурский**

Динамическое моделирование экономической эффективности охранных организаций в условиях конкуренции 118

**Т. Н. Тарасова**

Механизм управления конкурентоспособностью предпринимательских структур в сфере туризма 122

**Н. Н. Чепелева**

Конкурентные преимущества кластеров предприятий регионального рынка автотранспортных услуг 125

**Л. В. Эйхлер, А. С. Стринковская**

Диагностический анализ результатов деятельности грузовых автотранспортных предприятий в условиях интеграционных взаимодействий 130

РАЗДЕЛ V  
ВУЗОВСКОЕ И ПОСЛЕВУЗОВСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

**О. П. Головченко**

Моделирование физкультурного образования студентов технических и гуманитарных вузов 139

**А. А. Кораблева**

Подготовка руководителей промышленных предприятий в аспекте экономической безопасности региона 144

## CONTENTS

### PART I

#### TRANSPORTATION. TRANSPORT TECHNOLOGICAL MACHINERY

<b>E. E. Vitvitsky, A. V. Ananiev</b> Application of consignor's method of organizing centralized transport goods in cities	7
<b>V. Y. Ivanov</b> Simulation of the load control the machine engine ripper	14
<b>A. I. Kovalchuk, A. A. Alexandrov, V. V., Evstifeev, A. V. Evstifeev</b> Calculation of the combined process of extrusion of hollow parts with variable cross section	18
<b>E. A. Korchagina</b> Results of the study of vibration effects du-107 to the operator	23
<b>V. N. Kuznetsova, A. L. Derman, V. V. Savinkin L. N. Kiselyova</b> The comparative analysis organizing repair necks crankshafts ZMZ-402	27
<b>E. A. Levitskaya</b> Possible hidden distance measuring intoxicated driver of the vehicle	31
<b>S. V. Saveliev</b> Making parameters adaptive soil compacting rollers	35
<b>A. V. Philatov</b> Process control of fuel injection in diesel engines	39
<b>V. S. Shcherbakov, V. N. Galdin</b> The basic indicators of hydraulic pulse system of the building machineries	47

### PART II

#### ENGINEERING. BUILDING MATERIALS AND STRUCTURES

<b>E. A. Vdovin, L. F. Mavliev, V. F. Stroganov</b> How to improve the capacity of soils for construction of road pavements	52
<b>G. L. Gorynin, A. F. Vlasko</b> Mathematical simulation of elastic macrocharacteristics for fibrous materials at calculation of transport facilities construction	58
<b>A. F. Kosach, M. A. Rashchupkina, N. A. Gutareva, A. V. Obadyanov</b> Features of structurization of concrete at mechanical activation of a filler	64
<b>T. V. Semenova, V. N. Gerzog</b> Plastic deformation of materials the discrete structure in triaxial exposure cyclic loads	68
<b>V. I. Sologaev</b> Application of method automodeling movies with computing models with solving filtration problems in civil engineering, road constructions and melioration	73
<b>S. Y. Stolbova</b> Reinforced concrete columns and beams for the construction of a single – storey industrial building	77

### PART III

#### MATHEMATICAL MODELING. SYSTEMS OF AUTOMATION DESIGNING

<b>O. B. Ilyasova, I. K. Shelkov</b> Parametric analysis initial data of tasks of descriptive geometry	82
<b>I. M. Maltsev, K. A. Mikhailov, N. A. Mikhailova</b> Description of the mathematical model of the distribution hours of independent work in the learning plan, in light of FGOS	86
<b>A. M. Purtov</b> Development of geoinformation system for the analysis of auto-transport networks	89

### PART IV

#### ECONOMICS AND MANAGEMENT

<b>V. N. Elkina</b> Consolidation of small and medium business in territorial business communities as one of ways of decrease in transactional expenses	96
<b>T. V. Ivanova</b> The formation of an integrated business structure on basis of merging of "OMASHKB" and OAO "HIGH TECH"	103

<b>V. V. Biryukov, V. Y. Kirnichny</b>	
Choice of rational forms and management methods in the construction of production and increase its competitive advantages	111
<b>S. V. Kondratyuk, S. S. Staursky</b>	
Dynamic modeling of economic efficiency the security organizations in conditions of a competition	118
<b>T. N. Tarasova</b>	
The mechanism of the competitiveness management of enterprise structures in tourism	122
<b>N. N. Chepeleva</b>	
Competitive advantages of regional trucking market enterprises' clusters	125
<b>L. V. Eihler, A. S. Strinkovskaya</b>	
The diagnostic analysis of results of activity of the cargo motor transportation enterprises in conditions of integrated interactions	130

**PART V  
GRADUATE EDUCATION**

<b>O. P. Golovchenko</b>	
Modeling of physical education students technical and humanitarian institutions	135
<b>A. A. Korableva</b>	
The education of the industrial enterprises managers to improve the economic security of the region	139

# РАЗДЕЛ I

## ТРАНСПОРТ.

### ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

УДК 656.13

#### ПРИМЕНЕНИЕ ОТПРАВИТЕЛЬСКОГО МЕТОДА ОРГАНИЗАЦИИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В ГОРОДАХ

Е. Е. Витвицкий, А. В. Ананьев

**Аннотация.** Разработаны планы перевозок грузов для нескольких моделей транспортных средств различной грузоподъемности, при отправительском методе организации централизованных перевозок грузов, определены затраты на перевозку.

**Ключевые слова:** грузовые автомобильные централизованные перевозки, выбор подвижного состава, затраты, расписание работы автомобилей.

Рассмотрим решение задачи выбора подвижного состава при использовании отправительского метода организации централизованных автомобильных перевозок грузов машинными отправлениями в городах, для этого примем следующие исходные данные: Транспортная сеть с усовершенствованным покрытием. Режим работы грузоотправителей и грузополучателей с 8:00 до 18:00. Грузовые посты работают без перерыва на обед. Наиме-

нование погрузочных механизмов и количество постов погрузки представлено в таблице 1. Работают два поста в каждом пункте разгрузки. На рисунке 1 представлено взаимное расположение грузоотправителей (ГО) и грузополучателей (ГП), а также направления грузопотоков, согласно заявкам клиентуры, плотность песка - 2,0 т/м<sup>3</sup>, щебня - 1,6 т/м<sup>3</sup>, коэффициент наполняемости ковша  $k_n$  условно примем 1.

Таблица 1 – Количество постов погрузки у ГО

ГО	Наименование погрузочно-разгрузочного механизма (объем рабочего органа в м <sup>3</sup> )	Количество ед.	Вместимость ковша, т.	Вид груза
A1	Экскаватор (1,75)	3	3,5	Песок
A2	Портальный кран (3,1)	2	6,2	Песок
A3	Портальный кран (3,1)	2	6,2	Щебень
A4	Фронтальный погрузчик (3,3)	2	6,6	Щебень

Перевозимыми грузами являются песок и щебень, которые при перевозке допускают применение одинакового типа подвижного состава, т.к. являются транспортно-однородными и совместимыми при перевозке и не требуют специальной подготовки кузова.

Подвижной состав – это КамАЗ-6520 (20т), КамАЗ-55102 + прицеп (14т), КамАЗ-55111 (13т), КамАЗ-55102 (7т) [2], соответствует ог-

раничениям по полной массе, габаритам и нагрузкам на ось, и применяется на практике для перевозки указанных грузов. Фактическая загрузка транспортного средства (ТС) определялась расчетным путем, исходя из объема ковша, количества ковшей (см. табл. 2) и плотности груза (например фактическая загрузка КАМАЗ-6520, равная 17,50 тонн, получена, соответственно: 1,75·6·2) (см. табл. 3).

Таблица 2 – Количество ковшей в одной погрузке ТС, ед.

Марка ТС	q <sub>n</sub> , т.	V, м <sup>3</sup>	Песок		Щебень	
			A1	A2	A3	A4
КамАЗ-6520	20	12	5	3	3	3
КамАЗ-55102 + прицеп	14	31,5	4	2	2	2
КамАЗ-55111	13	6,6	3	2	2	2
КамАЗ-55102	7	15,8	2	1	1	1

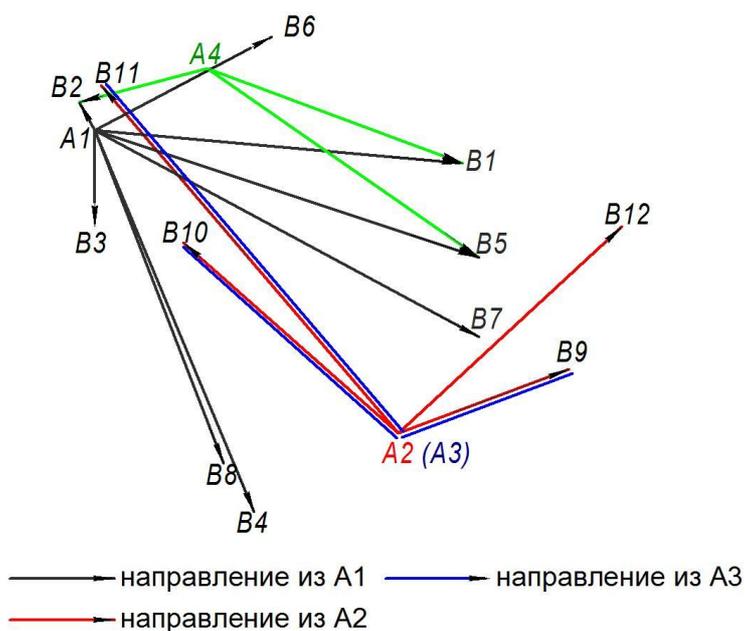


Рис. 1. Схема и направления грузопотоков

Таблица 3 – Величины фактической загрузки транспортных средств, тонн

Марка ТС	q <sub>н</sub> , т.	V, м <sup>3</sup>	Песок		Щебень	
			A1	A2	A3	A4
КамАЗ-6520	20	12	17,50	18,60	14,88	15,84
КамАЗ-55102 + прицеп	14	31,5	14,00	12,40	9,92	10,56
КамАЗ-55111	13	6,6	10,50	12,40	9,92	10,56
КамАЗ-55102	7	15,8	7,00	6,20	4,96	5,28

Расстояния между пунктами определены с учётом улиц с односторонним движением и улиц с запрещённым движением для ТС (таб-

лица 4, где A1-A4 – ГО, B1-B12 – ГП). Исходные значения технико-эксплуатационных показателей (ТЭП) представлены в таблице 5.

Таблица 4 – Матрица расстояний в километрах

ГО	ГП											
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
A1	22,41	3,58	25,00	24,45	27,21	16,51	17,89	34,00	35,40	22,74	10,92	36,00
A2(A3)	32,79	44,89	20,46	28,00	21,70	40,40	32,87	18,66	18,63	27,00	41,24	31,60
A4	13,87	10,31	16,07	16,25	20,54	6,11	9,34	19,60	26,69	13,81	3,06	22,56

Таблица 5 – Значения ТЭП

ТС	Среднетехническая скорость V <sub>т</sub> , км/ч	Время погрузки t <sub>п</sub> , ч			Время разгрузки t <sub>р</sub> , ч	Время в наряде T <sub>н</sub> , ч
		Пункт погрузки				
		A1	A2(A3)	A4		
КамАЗ-6520	24	0,20	0,12	0,20	0,08	10
КамАЗ-55102 + прицеп		0,17	0,10	0,17		
КамАЗ-55111		0,17	0,10	0,17		
КамАЗ-55102		0,14	0,09	0,13		

Назначение ТС на заявки (выбор ТС [1]) выполним, начиная с самого производитель-

ного, учитывая выполняемую выработку в тоннах, результаты представлены в таблице 6.

## ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Таблица 6 – Назначение ТС и размеры принятых заказов

ГО	ГП	Расстояние, км	Заявка на перевозку, т	КамАЗ-6520	КамАЗ-55102 + прицеп	КамАЗ-55111	КамАЗ-55102	Назначенное ТС	Вид груза
1	2	4	5	6	7	8	9	3	10
ГО №1									
A1	B3	25,00	50,00	35,00	42,00	42,00	49,00	КамАЗ-55102	песок
A1	B4	24,45	60,00	52,5	56,00	52,50	56,00	КамАЗ- 55102 + прицеп	песок
A1	B1	22,41	60,00	52,50	56,00	52,50	56,00	КамАЗ- 55102 + прицеп	песок
A1	B7	17,89	30,00	17,50	28,00	21,00	28,00	КамАЗ- 55102 + прицеп	песок
A1	B2	3,58	40,00	35,00	28,00	31,50	35,00	КамАЗ-6520	песок
A1	B5	27,21	50,00	35,00	42,00	42,00	49,00	КамАЗ-55102	песок
A1	B6	16,51	30,00	17,50	28,00	21,00	28,00	КамАЗ- 55102 + прицеп	песок
A1	B8	34,00	40,00	35,00	28,00	31,50	35,00	КамАЗ-6520	песок
ГО №2									
A2	B12	31,60	80,00	74,40	74,40	74,40	74,40	КамАЗ-6520	песок
A2	B11	41,24	40,00	37,20	37,20	37,20	37,20	КамАЗ-6520	песок
A2	B10	27,00	40,00	37,20	37,20	37,20	37,20	КамАЗ-6520	песок
A2	B9	18,63	60,00	55,80	49,60	49,60	55,80	КамАЗ-6520	песок
ГО №3									
A3	B10	27,00	50,00	44,64	49,60	49,60	49,60	КамАЗ- 55102 + прицеп	щебень
A3	B9	18,63	40,00	29,76	39,68	39,68	39,68	КамАЗ- 55102 + прицеп	щебень
A3	B11	41,24	30,00	29,76	29,76	29,76	29,76	КамАЗ-6520	щебень
ГО №4									
A4	B1	13,87	80,00	79,20	73,92	73,92	79,20	КамАЗ-6520	щебень
A4	B2	10,31	40,00	31,68	31,68	31,68	36,96	КамАЗ-55102	щебень
A4	B5	20,54	40,00	31,68	31,68	31,68	36,96	КамАЗ-55102	щебень
Итого:			860,00	383,56	257,28	0,00	171,92	-	
Принято к исполнению, $Q_{план}$ , т.				$\Sigma 812,76$					

Рассчитаем план перевозок грузов при от-  
правительском методе организации центра-  
лизованых перевозок, используя методику  
изложенную в [1].

Сменно-суточная производительность од-  
ного автомобиля, в тоннах

$$Q = \frac{q\gamma\beta V_m T_n}{l_{ze} + \beta V_m t_{ne}} \quad (1)$$

Сменно-суточная производительность од-  
ного автомобиля, в тонно-километрах

$$P = \frac{q\gamma\beta V_m T_n \cdot l_{ze}}{l_{ze} + \beta V_m t_{ne}} \quad (2)$$

Потребное количество ТС, ед.

$$A_{э} = \frac{Q_{план}}{Q} \quad (3)$$

Для заявки А1В3, песок:

$$Q = \frac{7,00 \cdot 0,5 \cdot 24 \cdot 9}{25 + 0,5 \cdot 24 \cdot 0,2} = 27,59 \text{ т/смену}$$

$$P = \frac{7,00 \cdot 0,5 \cdot 24 \cdot 9 \cdot 25}{25 + 0,5 \cdot 24 \cdot 0,2} = 689,78 \text{ т-км/смену}$$

$$A_{э} = \frac{49}{27,59} = 1,78 \approx 2 \text{ ед.}$$

Согласно [1],  $A_{э} = 1,78$  означает, что вто-  
рое ТС отработает не все время в наряде на  
этой заявке, но ТС требуется 2 единицы. Вы-  
полнены аналогичные расчеты для всех зая-

## ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

вок, результаты сведены в таблицу 7. Расчет затрат выполним по формуле:

$$Z = A_s \cdot C_{II} + AЧ_p \cdot C_{1ч} \quad (4)$$

Для случая применения КамАЗ-6520,  $Z = 300 + 6,2 \cdot 1000 = 6500$  рублей. Для других ТС

выполнены аналогичные расчеты, результаты сведены в таблицу 7 (столбец 9). На практике время работы ТС округляют до согласованных величин, поэтому в таблице 7 введен столбец 5.

Таблица 7 – Плановые результаты работы автомобилей

№ авто-мобилия	Заявка	Вид груза	Время работы, ч	Время округ-ленное, ч	Выработка автомобиля, т.	Выработка автомобиля, т·км	ТС	Затраты, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ГО №1								
1	A1B8	песок	6,21	6,20	34,91	1083,58	КамАЗ-6520	6500
	A1B2	песок	1,17	3,00	35,40	126,74	КамАЗ-6520	3300
2	A1B5	песок	9,00	9,00	25,53	694,72	КамАЗ-55102	5650
3	A1B5	песок	8,28	8,30	23,49	639,15	КамАЗ-55102	5230
4	A1B3	песок	9	9	27,59	689,78	КамАЗ-55102	5650
5	A1B1	песок	8,46	8,50	56,20	1259,43	КамАЗ- 55102 + прицеп	7525
6	A1B3	песок	7,02	7,00	21,52	538,03	КамАЗ-55102	4450
7	A1B6	песок	3,24	3,20	28,07	492,22	КамАЗ- 55102 + прицеп	3020
	A1B7	песок	3,42	3,40	27,66	494,89	КамАЗ- 55102 + прицеп	3190
8	A1B4	песок	9,00	9,00	55,32	1352,67	КамАЗ- 55102 + прицеп	7950
			Итого:	66,6	335,69	7371,21	-	52465
ГО №2								
9	A2B11	песок	7,29	7,30	37,29	1519,84	КамАЗ-6520	7600
10	A2B12	песок	9,00	9,00	59,08	1708,35	КамАЗ-6520	9300
11	A2B10	песок	4,86	4,90	36,90	996,20	КамАЗ-6520	5200
	A2B12	песок	2,34	3,00	15,36	444,17	КамАЗ-6520	3300
12	A2B9	песок	5,22	5,20	55,40	1032,14	КамАЗ-6520	5500
			Итого:	29,4	204,03	5700,7	-	30900
ГО №3								
13	A3B11	щебень	7,29	7,30	29,83	1033,62	КамАЗ-6520	7600
14	A3B10	щебень	9,00	9,00	36,89	996,10	КамАЗ- 55102 + прицеп	7950
15	A3B10	щебень	3,06	3,10	12,54	338,67	КамАЗ- 55102 + прицеп	2935
16	A3B9	щебень	6,93	6,90	39,91	929,41	КамАЗ- 55102 + прицеп	6165
			Итого:	26,3	119,17	3297,8	-	24650
ГО №4								
17	A4B5	щебень	4,32	4,30	11,99	246,37	КамАЗ-55102	2830
18	A4B1	щебень	7,20	7,20	79,43	474,15	КамАЗ-6520	7500
19	A4B2	щебень	7,38	7,40	37,14	382,92	КамАЗ-55102	4690
20	A4B5	щебень	9,00	9,00	24,99	513,27	КамАЗ-55102	5650
			Итого:	27,9	153,55	1616,71	-	20670
			Итого общее:	150,2	812,44	17986,42	-	128685

Сведем плановые показатели работы автомобилей отдельно по маркам в таблицу 8.

## ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Таблица 8 – Плановые результаты работы автомобилей

Марка ТС	Кол-во автомобилей, ед.	Время работы, ч.	Q, т	P, т·км	Затраты, руб.
КамАЗ-6520	9,00	53,10	383,60	8418,79	55800,00
КамАЗ- 55102 + прицеп	7,00	43,10	256,59	5863,39	38735,00
КамАЗ-55102	7,00	54,00	172,25	3704,24	34150,00
Итого	23,00	150,20	812,44	17986,42	128685,00

По данным таблицы 7 построим расписание работы автомобилей. Результаты работы каждого автомобиля определим прямым сче-

том, по расписаниям (см. рисунки 2-5) и представим в таблице 9.

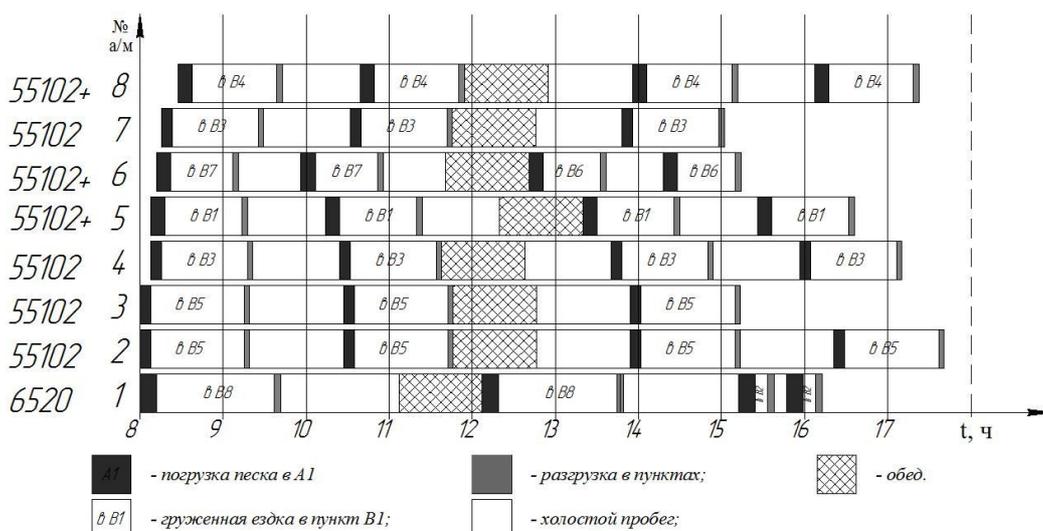


Рис. 2. Расписание работы ТС от первого ГО

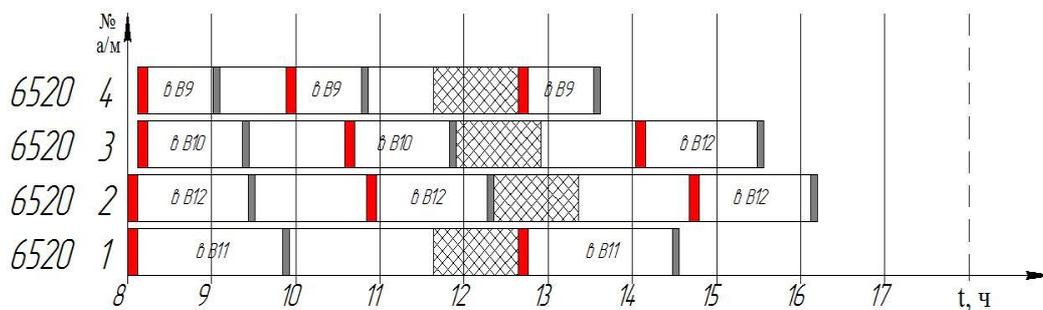


Рис. 3. Расписание работы ТС от второго ГО

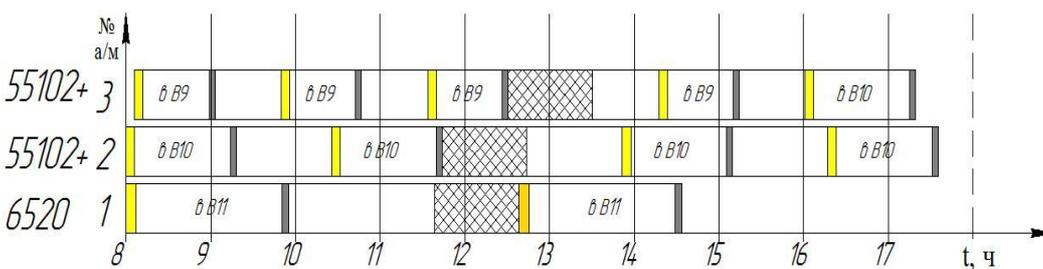


Рис. 4. Расписание работы ТС от третьего ГО

## ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

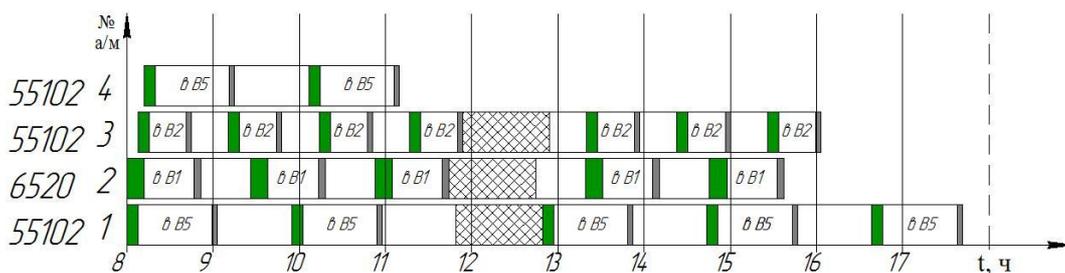


Рис. 5. Расписание работы ТС от четвертого ГО

Таблица 9 – Плановые результаты работы ТС

№ авто-мобилия	Время, ч.		Общий пробег, км.	Выработка автомобиля, т.	Выработка автомобиля, т·км	Используемое ТС	Затраты, руб.
	работы	округленное, ч					
1	2	3	4	5	6	7	8
ГО №1							
1	7,25	7,30	147,12	70,00	1318,80	КамАЗ-6520	7600
2	8,71	8,70	189,84	28,00	759,36	КамАЗ-55102	5470
3	6,25	6,30	135,60	21,00	569,52	КамАЗ-55102	4030
4	8,08	8,10	174,72	28,00	698,88	КамАЗ-55102	5110
5	7,47	7,50	156,24	56,00	1249,92	КамАЗ- 55102 + прицеп	6675
6	6,03	6,00	121,68	56,00	967,68	КамАЗ- 55102 + прицеп	5400
7	5,80	5,80	124,80	21,00	524,16	КамАЗ-55102	3730
8	8,10	8,10	171,36	56,00	1370,88	КамАЗ- 55102 + прицеп	7185
Итого по ГО №1	57,69	57,80	1221,36	336,00	7459,20	-	45200
ГО №2							
1	5,56	5,60	123,84	37,20	1535,62	КамАЗ-6520	5900
2	6,00	6,00	129,60	55,80	1767,74	КамАЗ-6520	6300
3	6,44	6,40	140,16	55,80	1598,11	КамАЗ-6520	6700
4	4,50	4,50	93,60	55,80	1044,58	КамАЗ-6520	4800
Итого по ГО №2	22,50	22,50	487,20	204,60	5946,05	-	23700
ГО №3							
1	5,56	5,60	123,84	29,76	1228,49	КамАЗ-6520	1305,60
2	8,59	8,60	189,84	39,68	1076,12	КамАЗ- 55102 + прицеп	1155,60
3	8,22	8,20	176,88	49,60	1011,84	КамАЗ- 55102 + прицеп	1105,60
Итого по ГО №3	22,37	22,40	490,56	119,04	3316,45	-	3566,80
ГО №4							
1	8,69	8,70	185,76	26,40	544,90	КамАЗ-55102	5470
2	6,62	6,60	125,28	79,20	1102,46	КамАЗ-6520	6900
3	6,92	6,90	134,16	36,96	381,43	КамАЗ-55102	4390
4	2,96	3,00	61,92	10,56	217,96	КамАЗ-55102	2050
Итого по ГО №4	25,19	25,20	507,12	153,12	2246,75	-	18810
Итого	127,75	127,90	2706,24	812,76	18968,45	-	108490,00

## ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Сведем результаты работы отдельно по маркам ТС из таблицы 9 в таблицу 10. Сравним плановые и фактические результаты работы (см. табл. 8 и 10). Определение абсолютного и относительного отклонения выполним по формулам 5-6, результаты представим в таблице 11.

$$\Delta = \text{Факт} - \text{План} \quad (5)$$

$$\Delta\% = \frac{\Delta}{\text{План}} \cdot 100\% \quad (6)$$

$$\Delta = 48,30 - 54,00 = -5,70$$

$$\Delta\% = \frac{-5,70}{54,00} \cdot 100\% = -10,53\%$$

Таблица 10 – Результаты работы ТС по расписаниям

Марка ТС	Кол-во автомобилей, ед.	Время работы, ч.	Общий пробег, км.	Q, т	P, т·км	Затраты, руб.
КамАЗ-6520	7,00	42,00	883,44	383,56	9595,80	44100,00
КамАЗ- 55102 + прицеп	5,00	38,40	816,00	257,28	5676,44	34140,00
КамАЗ-55102	7,00	47,50	1006,80	171,92	3696,20	30250,00
Итого	19,00	127,90	2706,24	812,76	18968,45	108490,00

Таблица 11 – Сравнение результатов работы по маркам ТС

Параметры		Марка ТС			Итого
		КамАЗ-6520	КамАЗ-55102 + прицеп	КамАЗ-55102	
Кол-во автомобилей, ед.	План по [1]	9,00	7,00	7,00	23,00
	План по расписанию	7,00	5,00	7,00	19,00
	$\Delta$ , ед.	- 2,00	- 2,00	0,00	- 4,00
	$\Delta\%$	- 22,22	- 28,57	0,00	- 17,39
Время работы, ч.	План по [1]	51,50	43,30	54,00	148,80
	План по расписанию	42,00	38,40	47,50	127,90
	$\Delta$ , ч.	- 9,50	- 4,90	- 6,50	- 20,90
	$\Delta\%$	- 18,45	- 11,32	- 12,04	- 14,05
Q, тонн	План по [1]	384,59	257,74	172,25	814,58
	План по расписанию	383,56	257,28	171,92	812,76
	$\Delta$ , тонн	- 1,03	- 0,46	- 0,33	- 1,82
	$\Delta\%$	- 0,27	- 0,18	- 0,19	- 0,22
P, т·км.	План по [1]	9589,33	5677,28	3704,22	18970,83
	План по расписанию	9595,80	5676,44	3696,20	18968,45
	$\Delta$ , т·км	6,47	- 0,84	- 8,02	- 2,38
	$\Delta\%$	0,07	- 0,01	- 0,22	- 0,01
Затраты, руб.	План по [1]	54200,00	38905,00	34150,00	127255,00
	План по расписанию	44100,00	34140,00	30250,00	108490,00
	$\Delta$ , руб.	- 10100,00	- 4765,00	- 3900,00	- 18765,00
	$\Delta\%$	- 18,63	- 12,25	- 11,42	- 14,75

Справедливо утверждать – применение методики [1] не позволяет с требуемой точностью разработать оперативный план перевозок грузов и решить задачу выбора ТС.

Количество требуемых ТС по маркам, определенное согласно методики [1], отличается от фактической потребности (по расписанию) от минус 28,57 % до минус 22,22 %, и в целом по расчету минус 17,39 %.

### Библиографический список

1. Афанасьев Л. Л. Единая транспортная система и автомобильные перевозки. Учебник для студентов вузов / Л. Л. Афанасьев, Н. Б. Островский, С. М. Цукерберг. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1984. – 333 с.
2. Краткий автомобильный справочник. Том 2. Грузовые автомобили / Кисуленко Б. В. и др. М: ИПЦ «Финпол», 2004, - 667 с.

### APPLICATION OF CONSIGNOR'S METHOD OF ORGANIZING CENTRALIZED TRANSPORT GOODS IN CITIES

E. E. Vitvitsky, A. V. Ananiev

Plans freight for several models of vehicles of different capacity, the consignor's method of centralized organization of cargo transportation, transportation costs are determined.

*Витвицкий Евгений Евгеньевич – д-р техн. наук, доцент Сибирской государственной авто-*

*мобильно-дорожной академии. Основное направление научных исследований – развитие теории грузовых автомобильных перевозок. Общее количество опубликованных работ: 136.*

*Ананьев Андрей Васильевич – аспирант Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное направление научных исследований – выбор подвижного состава при территориальном методе организации централизованных перевозок грузов. Общее количество опубликованных работ: 4.*

УДК 629.033

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ЗАГРУЗКОЙ ДВИГАТЕЛЯ РЫХЛИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА

В. Ю. Иванов

**Аннотация.** *Статья посвящена вопросу моделирования двигателей внутреннего сгорания, работающих с системами автоматического управления загрузкой двигателей. Рассмотрена более совершенная структурная схема двигателя внутреннего сгорания, позволяющая изменять настройку регулятора, и тем самым топливоподачу.*

**Ключевые слова:** *рыхлительный агрегат, рыхлитель, двигатель внутреннего сгорания, загрузка двигателя.*

#### Введение

Одним из основных видов машин, осуществляющих разработку прочных, мерзлых и скальных грунтов являются рыхлительные агрегаты (РА) на базе гусеничных тракторов, рабочий процесс которых характеризуется наименьшей энергоемкостью процесса разрушения грунта.

Эффективность эксплуатации рыхлительного агрегата (РА) в значительной степени зависит от рациональных режимов работы силовой установки. Серийно выпускаемые на сегодняшний день системы управления (СУ) и приборы индикации, а также замедленная реакция человека-оператора на быстро изменяющиеся условия рабочего процесса (РП) не позволяют в полной мере использовать тягово-сцепные качества машины.

В связи с этим, актуальной является проблема дальнейшего совершенствования СУ РА, частично или полностью исключаящей человека-оператора из контуров управления двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и положением рабочего органа (РО).

Анализ существующих систем автоматического управления, применяемых на гусе-

ничных рыхлительных агрегатах показал, что наиболее распространенными являются системы автоматического управления рабочим органом (рыхлителем) и стабилизацией нагрузки на двигатель внутреннего сгорания.

Исследования математической модели сложной динамической системы рабочего процесса рыхлительного агрегата показали, что наиболее эффективным является применение двухконтурных систем управления.

При осуществлении автоматического контроля и управления загрузкой двигателя рыхлительного агрегата основным каналом является канал управления топливоподачей, а вторым – канал управления положением рабочего органа. Управление загрузкой двигателя осуществляется преимущественно по основному каналу, однако, когда отсутствует свободный ход рейки топливного насоса для увеличения подачи топлива, в процесс управления включается второй контур, изменяя положение рабочего органа, и, тем самым, момент сопротивления на валу двигателя.

Модель рабочего процесса рыхлительного агрегата (РП РА) позволяет определить основные силовые воздействия на двигатель внутреннего сгорания (ДВС), который являет-

ся первичным источником энергии для осуществления разработки грунта и перемещения машины, [1].

Крутящий момент ДВС (рис. 1.) распределяется трансмиссией между ходовым оборудованием ( $M_{кр\_хо}$ ) и гидроприводом навесного оборудования ( $M_{кр\_н}$ ). Гидроцилиндры подъема – опускания изменяют положение рабочего органа ( $h_{упр}$ ) и, тем самым, его вертикальную координату ( $H$ ). Изменяется линейная скорость перемещения РА ( $V_{РА}$ ).

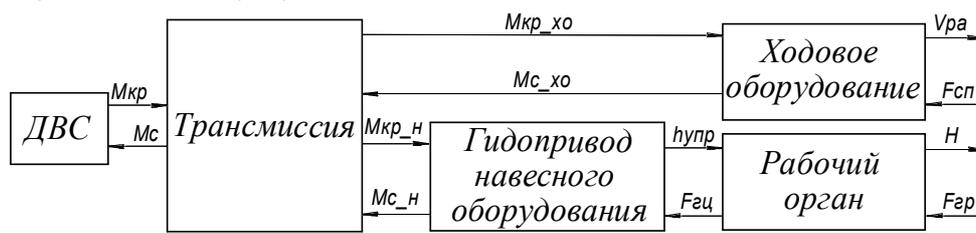


Рис. 1. Динамическая схема рыхлительного агрегата

Дизельный двигатель внутреннего сгорания в свое время был подробно описан в работе /Е. Ю. Малиновским/.

Наиболее простой способ описания активного момента на валу ДВС, состоит в задании функциональной зависимости статической (механической) характеристики двигателя  $M_{кр}=f(\omega_d)$ , где  $M_{кр}$  – крутящий момент;  $\omega_d$  – угловая скорость вала ДВС, [2].

С учетом регулятора

$$M_d(\omega_d, z) = M'_d(\omega_d) + M_z - k_d z, \quad (1)$$

где  $M_z$  – приращение момента сил при максимальной подаче топлива;  $z$  – перемещение муфты регулятора, отсчитываемое от положения максимальной подачи топлива, [2].

Тогда холостому ходу будет соответствовать координата муфты  $z_{MAX}$ , а постоянная  $k_d$ , будет определяться как [2]

$$k_d = \frac{M_z}{z_{MAX}}. \quad (2)$$

Величина  $z$  определяется уравнением движения муфты регулятора [2]

$$m\ddot{z} + v\dot{z} + E(z) + F = A(z)\omega_d^2, \quad (3)$$

где  $m$  – приведенная к муфте масса всех подвижных частей регулятора;  $v$  – коэффициент вязкого трения;  $E(z)$  – сила предварительного натяга пружины, приведенная к муфте;  $A(z)$  – коэффициент поддерживающей силы.

Приведенная жесткость пружины регулятора  $c_{пр}$  обычно линейна, поэтому [2]

$$E(z) = c_{пр}z. \quad (4)$$

Значение  $F$  для каждой настройки регулятора определяется статическим расчетом в

Силовыми воздействиями на ДВС являются: нагрузка со стороны ХО (момент сопротивления от гусеничного движителя  $M_{с\_хо}$ ), обусловленная сопротивлением грунта перемещению машины ( $F_{сп}$ ), нагрузка со стороны гидропривода навесного оборудования ( $M_{с\_н}$ ), обусловленная изменением нагрузки на штоки гидроцилиндров подъема – опускания ( $F_{гц}$ ) вследствие изменения силы сопротивления грунта на рыхлителе ( $F_{гр}$ ).

зависимости от функции  $A(z)$ , которая вычисляется по формуле [2]

$$A(z) = n \frac{P_r}{g} r_z \frac{W}{V} i_p^2, \quad (5)$$

где  $n$  – число грузиков;  $i_p$  – передаточное число от валика регулятора к валу двигателя;  $P_r$  – сила тяжести груза;  $g$  – ускорение свободного падения;  $r_z$  – переменный радиус;  $W/V$  – поправочный коэффициент, учитывающий несовпадение направления перемещения центра тяжести груза и муфты.

Численные значения параметров  $a$  и  $b$  выбирают исходя из конструктивных особенностей регулятора. Для настройки регулятора на другую скорость следует учитывать [2,3]

$$n_d = \frac{30}{\pi} i_p \sqrt{\frac{E(z)}{A(z)}}. \quad (6)$$

В конечном итоге получаем

$$J_d \dot{\omega}_d = M'_d(\omega_d) + M_z - k_d z - M_{сд};$$

$$v\dot{z} = (a + bz)\omega_d^2 - c_{пр}z - F; \quad (7)$$

$$0 \leq z \leq z_{MAX},$$

где  $J_d$  – момент инерции двигателя и жестко соединенных с ним масс;  $M_{сд}$  – суммарный момент приложенных к двигателю сопротивлений.

Для моделирования системы управления загрузкой двигателя необходимо обеспечить возможность изменения крутящего момента и угловой скорости вала двигателя.

Управляющим параметром для ДВС является положение рейки топливного насоса высокого давления, определяющее количество энергии вырабатываемое ДВС. В данном слу-

чае предлагается управлять положением рейки топливного насоса посредством изменения настройки регулятора частоты вращения вала ДВС.

В соответствии с уравнениями (7) в программном комплексе Matlab Simulink была составлена модель ДВС (рис. 2.).

Предложенная структурная схема усложнена по сравнению с ранее известными, в

связи с тем, что при изменении настройки регулятора частоты вращения вала ДВС необходимо производить перерасчет параметров  $n$ ,  $M_z$ ,  $F$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $i_r$ , а затем определить крутящий момент ДВС при соответствующей настройке регулятора.

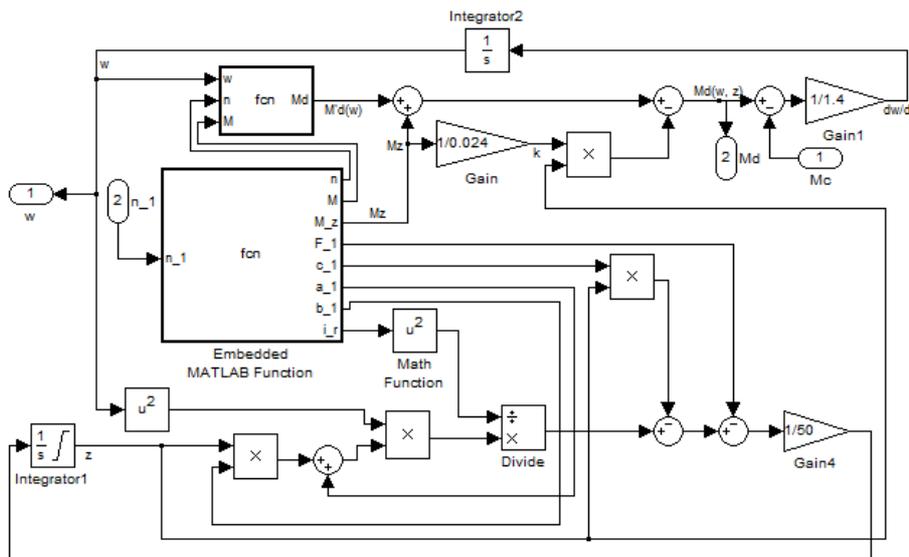


Рис. 2. Структурная схема двигателя внутреннего сгорания в обозначениях Matlab Simulink

При моделировании двигателя на 5 секунде момент сопротивления увеличивался с 200

до 500 Н·м при постоянной настройке регулятора  $n_1=1300$  об (рис. 3).

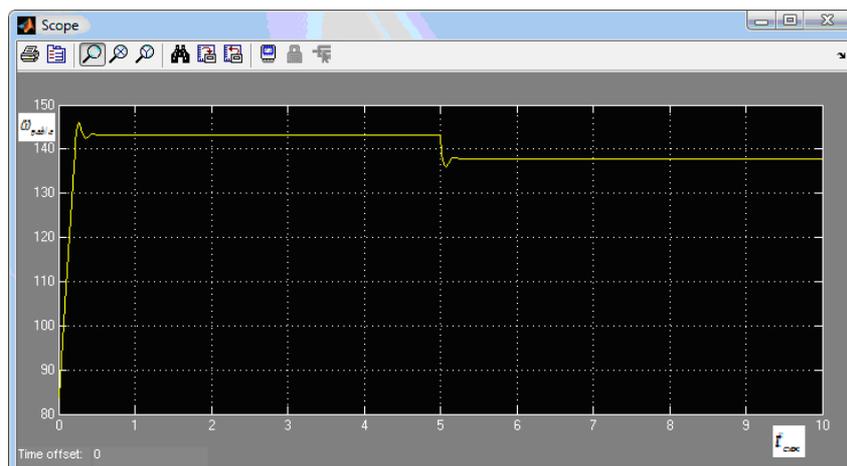


Рис. 3. Изменение угловой скорости вращения вала двигателя (рад/с) с постоянной настройкой регулятора

Во втором случае постараемся выровнять значение угловой скорости вала двигателя, для этого на 5 секунде изменим настройку

регулятора с 1300 до 1350 оборотов вала двигателя.

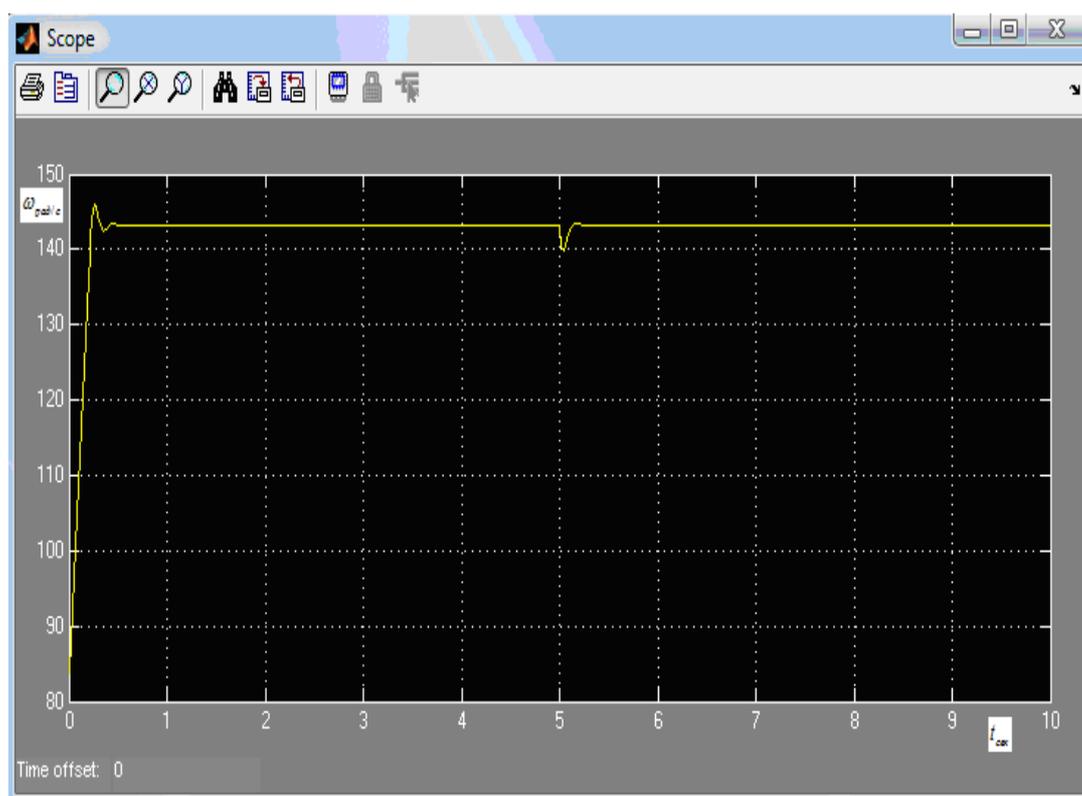


Рис. 4. Изменение угловой скорости вращения вала двигателя (рад/с) при изменении настройки регулятора

Как видно из рисунков 3, 4 изменением настройки регулятора можно компенсировать изменения угловой скорости вращения вала двигателя при увеличении или уменьшении момента сопротивления.

#### Заключение

Представленная математическая модель двигателя внутреннего сгорания позволяет моделировать системы автоматического управления, ориентированные на регулирование угловой скорости вращения вала ДВС.

#### Библиографический список

1. Игнатов С. Д. Система автоматизации проектирования основных геометрических параметров траков гусеничной ленты цепного траншейного экскаватора: Дис. ... канд. техн. наук. – Омск, СибАДИ, 2012. – 165с.
2. Малиновский Е. Ю. Расчет и проектирование строительных и дорожных машин на ЭВМ [Текст] / Под ред. Е.Ю. Малиновского. - М: Машиностроение, 1980. – 216 с.
3. Демиденко А. И., Семкин Д. С. Математическая модель взаимодействия цепного рабочего

органа с грунтом. «Вестник СибАДИ» №4 стр. - 5 г. Омск 2011год.

#### SIMULATION OF THE LOAD CONTROL THE MACHINE ENGINE RIPPER

V. Y. Ivanov

The article focuses on modeling of internal combustion engines working with automatic load control motors. We consider a more advanced block diagram of the internal combustion engine, which allows the ability to configure the controller, and thus fuel injection.

*Иванов Владислав Юрьевич – аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Основные направления научной деятельности – автоматизация проектирования систем автоматического управления строительными и дорожными машинами. Общее количество опубликованных работ:5. E-Mail: vladivanov36@rambler.ru.*

УДК 621.777.621.984.5

## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА КОМБИНИРОВАННОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

А. И. Ковальчук, А. А. Александров, А. В. Евстифеев, В. В. Евстифеев

**Аннотация.** Представлена математическая модель процесса комбинированного выдавливания полых деталей переменного сечения. С использованием вариационного энергетического метода получены формулы для расчета полной мощности процесса, определено влияние геометрических параметров на величину деформирующей силы выдавливания металла в полости между матрицей и пуансонами, а также размеры штампуемых деталей в зависимости от хода пуансона.

**Ключевые слова:** комбинированное выдавливание, энергетический метод, холодная объемная штамповка.

### Введение

Холодной объемной штамповкой получают поковки, которые по форме приближаются к размерам готовых деталей. Полуоую деталь типа «биконическая втулка», имеющую переменные сечения, эффективно изготавливать комбинированным выдавливанием.

Для расчета технологической силы выдавливания детали из цилиндрической заго-

товки коническими пуансонами и определения формы получаемой поковки (при двух степенях свободы течения металла) использовался вариационный энергетический метод [1,2,3].

### Методика расчета

Согласно расчетной схеме кинематика течения металла в объеме заготовки описывается разрывными полями скоростей в характерных областях, показанных на рисунке 1.

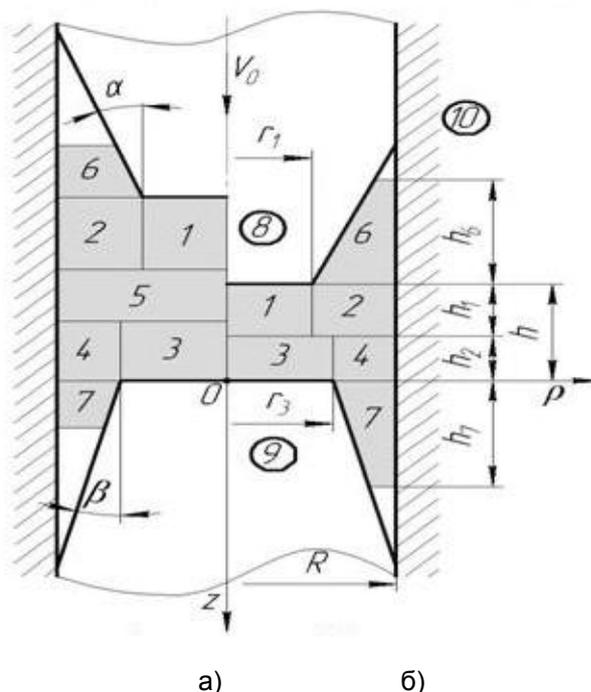


Рис. 1. Расчетная схема процесса комбинированного выдавливания:  
1-7 – характерные зоны деформированной заготовки (зона 5 – жесткая); 8 - пуансон; 9 – контрпуансон; 10 - матрица

Рассматриваемый процесс можно разделить на две последовательные стадии выдав-

ливания. На первой стадии (рисунок 1а) течение металла происходит по схеме комбиниро-

ванного выдавливания с двумя очагами деформации, разделенными недеформируемой, "жесткой", зоной 5. Вторая стадия (рисунок 16) начинается с момента, когда исчезает зона 5.

Течение металла в зонах соответствует граничным условиям:

$$\begin{aligned} \text{при } z = -h & V_{z1} = V_0; \\ V_{z2} &= V_{z6}; \\ \text{при } z = -h + h_1 & V_{z1} = m \cdot V_0; \\ V_{z2} &= m \cdot V_0; V_{z5} = m \cdot V_0; \\ \text{при } z = -h_2 & V_{z3} = m \cdot V_0; \\ V_{z4} &= m \cdot V_0; V_{z5} = m \cdot V_0; \\ \text{при } z = 0 & V_{z3} = 0; \\ V_{z4} &= V_{z7}; \\ \text{при } \rho = 0 & V_{\rho1} = 0; \\ V_{\rho3} &= 0; V_{\rho5} = 0; \\ \text{при } \rho = r_1 & V_{\rho1} = V_{\rho2}; \\ \text{при } \rho = r_3 & V_{\rho3} = V_{\rho4}; \\ \text{при } \rho = R & V_{\rho2} = 0; \\ V_{\rho4} &= 0; V_{\rho5} = 0; V_{\rho6} = 0; V_{\rho7} = 0, \end{aligned}$$

а также условию несжимаемости, и описывается следующими полями скоростей:

$$\begin{aligned} V_{z1} &= (1-m)V_0(-z+h_1-h)/h_1 + m \cdot V_0, \\ V_{\rho1} &= (1-m)V_0\rho/2h_1; \\ V_{z2} &= (1-m)r_1^2(z-h_1+h)V_0/h_1(R^2-r_1^2) + mV_0, \\ V_{\rho2} &= (1-m)r_1^2V_0(R^2-\rho^2)/2h_1\rho(R^2-r_1^2); \\ V_{z3} &= -mV_0z/h_2, V_{\rho3} = mV_0\rho/2h_2; \\ V_{z4} &= m \cdot V_0r_3^2(z+h_2)/(R^2-r_3^2)h_2 + m \cdot V_0, \\ V_{\rho4} &= mV_0r_3^2(R^2-\rho^2)/2h_2\rho(R^2-r_3^2); \\ V_{z5} &= m \cdot V_0, V_{\rho5} = 0; \\ V_{z6} &= -(1-m) \cdot V_0 \cdot R_1^2/(R^2-R_1^2) + m \cdot V_0, \\ V_{\rho6} &= V_{z6}(1-m)tg\alpha \cdot R_1(R^2-\rho^2)/\rho(R^2-R_1^2); \\ V_{z7} &= m \cdot V_0 R^2/(R^2-R_3^2), \\ V_{\rho7} &= V_{z7} \cdot m \cdot tg\beta \cdot R_3(R^2-\rho^2)/\rho(R^2-R_3^2), \end{aligned}$$

где  $R_1 = r_1 + h_6tg\alpha$  - внутренний радиус верхней кромки;  $R_3 = r_3 + h_7tg\beta$  - внутренний радиус нижней кромки;  $m$  - кинематический параметр, определяющий соотношение скоростей истечения металла в прямом и обратном направлениях.

При определении компонент скоростей деформации в зонах 6 и 7 принято, что

$$\xi_{\varphi CP} = \left( (\xi_{\varphi})_R + (\xi_{\varphi})_{R_1} \right) / 2,$$

$$\xi_{\rho CP} = \left( (\xi_{\rho})_R + (\xi_{\rho})_{R_1} \right) / 2,$$

$$\eta_{\rho z CP} = \left( (\eta_{\rho z})_R + (\eta_{\rho z})_{R_1} \right) / 2.$$

Тогда получим:  
для зоны 6

$$\begin{aligned} \xi_{z6} &= 2V_0R_1^3tg\alpha/(R^2-R_1^2)^2, \\ \xi_{\rho6 CP} &= -V_0R_1tg\alpha(3R_1^2+R^2)/(R^2-R_1^2)^2; \\ \xi_{\varphi6 CP} &= V_0tg\alpha/2R_1(R^2-R_1^2), \\ \xi_{\rho z6 CP} &= V_0R_1tg^2\alpha(3R^2+R_1^2)/2(R^2-R_1^2)^2; \end{aligned}$$

для зоны 7

$$\begin{aligned} \xi_{z7} &= 2V_{z7}R_3tg\beta/(R^2-R_3^2), \\ \xi_{\rho7 CP} &= V_{z7}tg\beta(3R_3^2+R^2)/2R_3(R_3^2-R^2); \\ \xi_{\varphi7 CP} &= V_{z7}tg\beta/2R_3, \\ \xi_{\rho z7 CP} &= V_{z7}tg^2\beta(R^2+R_3^2)/2R_3(R^2-R_3^2)^2. \end{aligned}$$

Интенсивности скоростей деформации сдвига в пластических зонах равны:

$$\begin{aligned} H_1 &= \frac{(1-m) \cdot V_0}{h_1}, \\ H_2 &= \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{(1-m) \cdot V_0}{h_1} \cdot \frac{r_1^2}{R^2-r_1^2} \cdot \sqrt{\frac{R^4}{\rho^4} + 3}; \\ H_3 &= \frac{m \cdot V_0}{h_2}, \\ H_4 &= \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{m \cdot V_0}{h_2} \cdot \frac{r_3^2}{R^2-r_3^2} \cdot \sqrt{\frac{R^4}{\rho^4} + 3}; \end{aligned}$$

$$H_6 = V_{z6}tg\alpha \sqrt{13R_1^4 + 2R_1^2R^2 + R^4 + tg^2\alpha(R^2+R_1^2)^2} / (4\sqrt{3}(R^2-R_1^2)R_1);$$

$$H_7 = V_{z7}tg\beta \sqrt{13R_3^4 + 2R_3^2R^2 + R^4 + tg^2\beta(R^2+R_3^2)^2} / (4\sqrt{3}(R^2-R_3^2)R_3).$$

Деформирующая и относительная удельная силы, действующие на пуансон, равны:

$$P = N/V_0, \quad p/\sigma_s = P/\sigma_s \pi R_1^2,$$

где  $N$  - мощность деформирования,  $\sigma_s$  - предел текучести материала. Полная мощность

$$N = \sum_{m=1}^M N_D + \sum_{n=1}^K N_C + \sum_{l=1}^L N_T,$$

где  $M$  – количество пластических зон;  $K$  – количество границ, по которым происходит сдвиг блоков;  $L$  – количество поверхностей, на которых действуют силы трения;

Мощность внутренних сил сопротивления деформации определяем как сумму её составляющих в зонах 1-4, 6-7:

$$N_D = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_6 + N_7, \quad (1)$$

где

$$N_1 + N_2 = \sigma_S \cdot V_0 \cdot \pi(1-m) \cdot (R_1^2 + L_1 \cdot A_1 \cdot R^2 / \sqrt{3}),$$

$$N_3 + N_4 = \sigma_S \cdot V_0 \cdot m \cdot (R_1^2 + L_2 \cdot A_2 \cdot R^2 / \sqrt{3});$$

$$N_6 = \sigma_S \cdot V_0 \frac{\pi(R_1 - r_1)R_1(1-m)}{3(R^2 - R_1^2)} \sqrt{13R_1^4 + 2R_1^2R^2 + R^4 + \frac{1}{4}(R^2 + R_1^2)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha};$$

$$N_7 = \sigma_S \cdot V_0 \frac{\pi(R_3 - r_3)mR_3}{3(R^2 - R_3^2)} \sqrt{13R_3^4 + 2R_3^2R^2 + R^4 + \frac{1}{4}(3R^2 + R_3^2)^2 \operatorname{tg}^2 \beta};$$

$$L_1 = R_1^2 / (R^2 - R_1^2), \quad L_1 + 1 = R^2 / (R^2 - R_1^2),$$

$$L_2 = R_3^2 / (R^2 - R_3^2), \quad L_2 + 1 = R^2 / (R^2 - R_3^2);$$

$$A_1 = \left\{ 2 - \sqrt{1 + 3 \cdot (R_1/R)^4} - \ln \left[ (R_1/R)^2 \cdot \left( 3 / \left( 1 + \sqrt{1 + 3 \cdot (R_1/R)^2} \right) \right) \right] \right\};$$

$$A_2 = \left\{ 2 - \sqrt{1 + 3 \cdot (R_3/R)^4} - \ln \left[ (R_3/R)^2 \cdot \left( 3 / \left( 1 + \sqrt{1 + 3 \cdot (R_3/R)^2} \right) \right) \right] \right\}.$$

Мощность сопротивления сил сдвига определяем как сумму её составляющих на границах разрыва скоростей между зонами:

$$N_C = N_{1,2} + N_{3,4} + N_{1,5} + N_{2,5} + N_{3,5} + N_{4,5} + N_{2,6} + N_{4,7}, \quad (2)$$

$$\text{где } N_{1,2} = \sigma_S \cdot V_0 \cdot \pi(1-m) \cdot h_1 \cdot (L_1 + 1) \cdot R_1 / \sqrt{3},$$

$$N_{3,4} = \sigma_S \cdot V_0 \cdot \pi \cdot m \cdot h_2 \cdot (L_2 + 1) \cdot R_3 / \sqrt{3};$$

$$N_{1,5} + N_{2,5} = \sigma_S \cdot V_0 \cdot \pi(1-m) / h_1 \cdot (R_1^3 + L_1 \cdot B_1) / 3 \cdot \sqrt{3}$$

$$N_{3,5} + N_{4,5} = \sigma_S \cdot V_0 \cdot m / h_2 \cdot (R_3^3 + L_2 \cdot B_2) / 3 \cdot \sqrt{3};$$

$$N_{2,6} = \sigma_S \cdot V_0 \cdot \pi \cdot L_1 \cdot (1-m) / 3 \sqrt{3} h \left[ (R^2 - r_1^2 - 2r_1 h \operatorname{tg} \alpha)(2R^2 - Rr_1 - r_1^2) / (R + r_1) \right];$$

$$N_{4,7} = \sigma_S \cdot V_0 \cdot \pi \cdot L_2 \cdot m / 3 \sqrt{3} h_2 \left[ (R^2 - r_3^2 - 2r_3 h_2 \operatorname{tg} \beta)(2R^2 - Rr_3 - r_3^2) / (R + r_3) \right];$$

$$B_1 = \left| 3 \cdot R^2 \cdot (R - R_1) - (R^3 - R_1^3) \right|,$$

$$B_2 = \left| 3 \cdot R^2 \cdot (R - R_3) - (R^3 - R_3^3) \right|.$$

Величины разрыва скоростей по поверхностям сдвига определяем как  $V_{k,l} = |V_k - V_l|$ ,

где  $V_k, V_l$  – компоненты скоростей перемещения частиц деформируемого тела (составляющие поля скоростей).

Мощность сопротивления сил трения определяем как сумму её составляющих на поверхностях контакта заготовки с инструментом:

$$N_T = N_{1,8} + N_{3,9} + N_{6,8} + N_{7,9} + N_{2,10} + N_{4,10} + N_{5,10} + N_{6,10} + N_{7,10}, \quad (3)$$

$$\text{где } N_{1,8} = \sigma_S \cdot V_0 \cdot \pi(1-m) \mu R_1^3 / 3 h_1,$$

$$N_{3,9} = \sigma_S \cdot V_0 \cdot \pi m \mu R_3^3 / 3 h_2;$$

$$N_{2,10} = \sigma_S \cdot V_0 \cdot |2 \cdot m - (1-m) \cdot L_1| \cdot \pi \cdot h_1 \cdot \mu \cdot R,$$

$$N_{4,10} = \sigma_S \cdot \pi \cdot m \cdot h_2 \cdot \mu \cdot R \cdot (L_2 + 2);$$

$$N_{5,10} = 2\pi \cdot V_0 \cdot \sigma_S \cdot \mu \cdot R \cdot m \cdot (h - h_1 - h_2);$$

$$N_{6,8} = \sigma_S \cdot V_0 (R/2 \ln((R + R_1)(R - r_1)/(R - R_1)(R + r_1)) -$$

$$- (R_1 - r_1)) \pi \mu (1-m) (R_1^2 - r_1^2) / \sin \alpha \cos \alpha (R_1 - r_1);$$

$$N_{7,9} = \sigma_S \cdot V_0 (R/2 \ln((R + R_3)(R - r_3)/(R - R_3)(R + r_3)) -$$

$$- (R_3 - r_3)) \pi \mu (1-m) (R_3^2 - r_3^2) / \sin \beta \cos \beta (R_3 - r_3);$$

$$N_{6,10} = (R/2 \ln((R + R_1)(R - r_1)/(R - R_1)(R + r_1)) -$$

$$- (R_1 - r_1)) 2\pi R h_6 \mu (1-m) / (R_1 - r_1)$$

$$N_{7,10} = (R/2 \ln((R + r)(R - r_0)/(R - r)(R + r_0)) -$$

$$- (r - r_0)) 2\pi R h_7 \mu m / (r - r_0).$$

Напряжение контактного трения  $k = \frac{\sigma_S}{\mu}$ , где  $\mu$  – коэффициент трения,  $0 \leq \mu \leq 0,5$ . Величину разрыва скоростей на поверхностях инструмента определяем по формуле

$$V_{k,l} = \sqrt{V_k^2 + V_l^2}.$$

После определения составляющих мощностей (1-3) можно найти:

$$p / \sigma_S = (N_D + N_C + N_T) / \pi \cdot R^2.$$

Полученное выражение представляет собой функцию, зависящую от варьируемых параметров  $h_1, h_2$  и  $m$ .

Значения варьируемых параметров  $h_1, h_2$  получаем, минимизируя составляющие мощностей в верхнем и нижнем очагах деформации:

$$h_1 = \sqrt{\frac{r_1^3 (\mu + \pi L_1 + 1) + L_1 |B_1 + \pi R^2 (2R - 3r_1)|}{3((L_1 + 1)r_1 - R \mu L_1)}},$$

$$h_2 = \sqrt{\frac{(r_3 + R) |r_3^3 (3(\mu + 1) - \pi \sqrt{3}) + 3L_2 B_2| + 2\pi r_3^2 \sqrt{3} R^2}{3 \sqrt{(L_2 + 1)r_3^2 + (1 + L_2(\mu + 1))R_3 + R^2 \mu L_2}}}.$$

Высоты зон 6 и 7 определяли из условия постоянства объема (решением кубического уравнения, [4]):

$$h_6 = \left( \sqrt[3]{V_1^2 + U_1^2} \left( \sqrt{3} \sin \left( \frac{1}{3} \arcsin \frac{U_1}{\sqrt{V_1^2 + U_1^2}} + \frac{2\pi}{3} \right) + \cos \left( \frac{1}{3} \arccos \frac{U_1}{\sqrt{V_1^2 + U_1^2}} + \frac{2\pi}{3} \right) \right) - 2\sqrt[3]{2r_1} \right) / \sqrt[3]{2 \operatorname{tg} \alpha},$$

$$\text{где } U_1 = \sqrt{4R^6 - V_1^2},$$

$$V_1 = 3R^2 (r_1 + \operatorname{tg} \alpha (H - h)(1 - m) - r_1^3);$$

$$h_7 = \left( \sqrt[3]{V_2^2 + U_2^2} \left( \sqrt{3} \sin \left( \frac{1}{3} \arcsin \frac{U_2}{\sqrt{V_2^2 + U_2^2}} + \frac{2\pi}{3} \right) + \cos \left( \frac{1}{3} \arccos \frac{U_2}{\sqrt{V_2^2 + U_2^2}} + \frac{2\pi}{3} \right) \right) - 2\sqrt[3]{2r_3} \right) / \sqrt[3]{2 \operatorname{tg} \beta},$$

$$\text{где } U_2 = \sqrt{4R^6 - V_2^2},$$

$$V_2 = 3R^2 (r_3 + \operatorname{tg} \beta (H - h)m - r_3^3).$$

Если рассматривать второй этап процесса выдавливания при условии  $r_3 = R$ , то получим:

$$N_D = N_1 + N_2 + N_6, \quad N_C = N_{1,2} + N_{2,6};$$

$$N_T = N_{1,8} + N_{6,8} + N_{2,10} + N_{6,10} + N_{1,5} + N_{2,5},$$

где

$$N_{1,5} + N_{2,5} = \sigma_S \cdot V_0 \cdot \pi(1-m)\mu \cdot (R_1^3 + L_1 \cdot B_1) / 3h_1;$$

$$\text{а при условии } r_1 = R: N_D = N_3 + N_4 + N_7,$$

$$N_C = N_{3,4} + N_{4,7},$$

$$N_T = N_{3,9} + N_{7,9} + N_{4,10} + N_{7,10} + N_{3,5} + N_{4,5},$$

$$\text{где } N_{3,5} + N_{4,5} = \sigma_S \cdot V_0 \cdot \pi \cdot m \mu (R_3^3 + L_2 \cdot B_2) / 3h_2.$$

На рисунках 2 – 4 представлены зависимости относительной удельной силы деформирования, параметра  $m$ , а также высот верхней и нижней полости детали от хода пуансона, из которых следует:

- изменение относительной удельной силы интенсивнее при больших углах наклона образующих конической части пуансона;

- на начальной стадии деформирования преобладает течение металла в верхнюю полость;

- выход металла в верхнюю полость уменьшается с увеличением угла  $\alpha$ , а в нижнюю полость увеличивается, что объясняется изменением напряженно-деформированного состояния по объему заготовки.

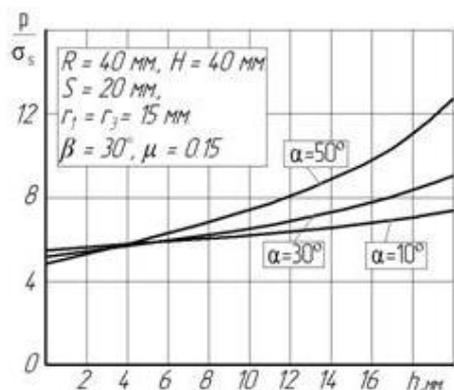


Рис. 2. Зависимость относительной удельной силы от хода пуансона

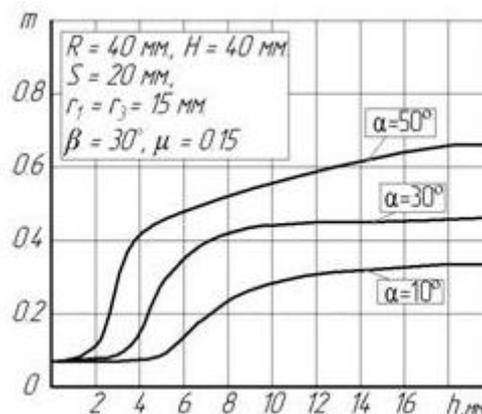


Рис.3. Изменение кинематического параметра в процессе деформирования

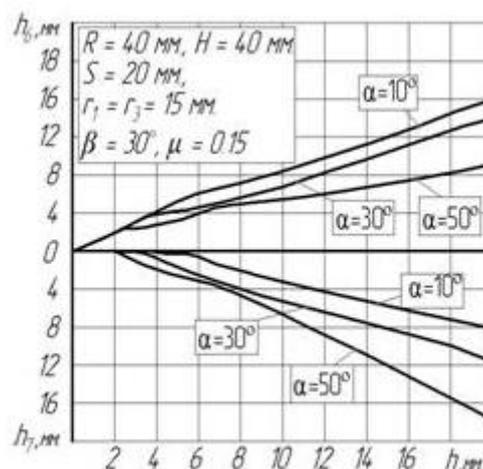


Рис.4. Зависимость выхода металла в конические полости от хода пуансона и угла  $\alpha$

Для сопоставления результатов расчета, а также апробации разработанного алгоритма (и реализующей его программы) были проведены натурные эксперименты по выдавливанию деталей из цилиндрических заготовок диаметром 40 мм и высотой 24 мм с применением сменных пуансонов и контрпуансонов разных размеров.

На рис. 5. показан вид деформированных заготовок, а на рис. 6. представлено сравнение расчетных и экспериментальных данных по формоизменению выдавленных заготовок.

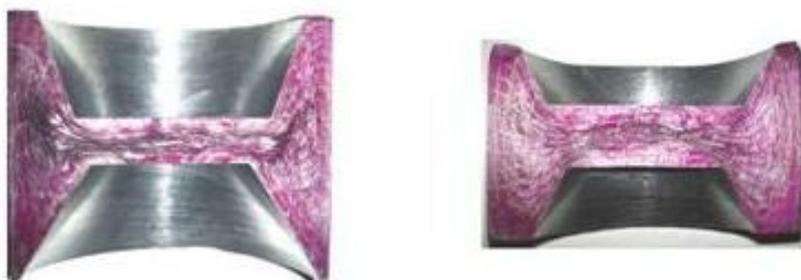


Рис.5. Деформированные заготовки на разных стадиях выдавливания

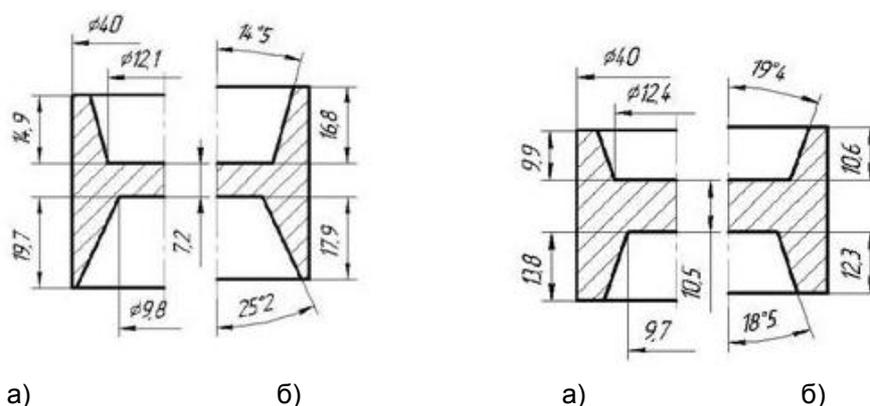


Рис. 6. Размеры выдавленных деталей двух типоразмеров:  
а – расчет, б - эксперимент

### Заключение

Анализ результатов расчетов технологических параметров процесса выдавливания «биконических втулок» по представленной методике показывает, что они хорошо согласуются с экспериментальными данными как по силовому режиму, так и по формоизменению. Это говорит о том, что описанную математическую модель можно использовать в инженерной практике разработки технологических процессов выдавливания точных заготовок фасонных деталей.

### Библиографический список

1. Степанский Л. Г. Расчеты процессов обработки металлов давлением. – М.: Машиностроение, 1979 – 215 с.
2. 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.
3. Теория обработки металлов давлением / И. Я. Тарновский, А. А. Поздеев, О. А. Ганаго; под ред. И. Я. Тарновского. – М.: Металлургия, 1963. – 672 с.
4. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. Корн, Т. Корн; под ред. И. Г. Арамановича. – М.: Наука, 1978 – 832 с.

### CALCULATION OF THE COMBINED PROCESS OF EXTRUSION OF HOLLOW PARTS WITH VARIABLE CROSS SECTION

A. I. Kovalchuk, A. A. Alexandrov,  
V. V., Evstifeev, A. V. Evstifeev

A mathematical model of the combined extrusion of hollow parts with variable cross section. Using the variational energy method to obtain formulas for the calculation of the total power of the process, determined the effect of geometrical parameters on the value of the deforming forces of extrusion of the metal in the cavity between the die and punches, as well as the size of stamped parts, depending on the progress of the punch. *III. 6. Bibl. 4.*

*Ковальчук Алексей Иванович – инженер Конструкторского бюро транспортного машиностроения (КБТМ). Основное направление научных исследований - имитационное и натурное моделирование процессов обработки металлов давлением. Имеет 10 опубликованных работ.*

*Александров Александр Александрович – канд. техн. наук, доцент Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное на-*

правление научных исследований – теоретические методы, имитационное и натурное моделирование процессов обработки металлов давлением. Имеет 90 опубликованных работ.

*Евстифеев Владислав Викторович – докт. техн. наук, профессор Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное направление научных исследований – теоретические методы анализа процессов обработки металлов давлением и порошковой металлургии, имитацион-*

*ное и натурное моделирование технологий. Имеет более 230 опубликованных работ.*

*Евстифеев Александр Владиславович – инженер Омского научно-исследовательского института приборостроения. Основное направление научных исследований – компьютерное и натурное моделирование процессов обработки металлов давлением. Имеет 5 опубликованных работ.*

УДК 621.879

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ КАТКА ДУ-107 НА ОПЕРАТОРА

Е. А. Корчагина

**Аннотация.** В статье приведены результаты испытаний вибрационных воздействий катка ДУ- 107.

**Ключевые слова:** виброускорение, каналы распространения вибрации, вибровозбудитель.

#### Введение

Вибрация относится к категории вредных производственных факторов и способна привести к нарушениям в работе и выходу из строя самих машин, а также служить причиной повреждения других технических и строительных объектов. Особое внимание необходимо уделить вопросам влияния вибраций на здоровье человека в рамках осуществления производственной деятельности [1].

Катки – один из видов строительной дорожной техники, в которых вибрация используется в качестве положительного явления для повышения производительности (повышение качества покрытия, увеличение скорости и сокращения сроков работ) при уплотнении дорожных оснований и покрытий.

В соответствии с тенденциями развития уплотнительной техники и потребностями рынка, вибрационные катки находят все большее применение. В связи с этим проблема защиты оператора от вибрации приобретает особую остроту.

К сожалению, существующие системы виброзащиты операторов виброкатков не обеспечивают надежной защиты, особенно в диапазонах частот, совпадающих с частотой вибровозбудителя.

#### Основная часть

Для оценки уровня виброускорения на рабочем месте оператора были проведены экспериментальные исследования.

В рамках исследований были поставлены следующие задачи:

1. Определение параметров вибрации на рабочем месте оператора;
2. Определение уровня вибрации в источнике и рабочем месте оператора при выполнении различных операций (режим холостого хода, рабочий режим);
3. Выявление путей распространения вибрации от источника к рабочему месту оператора.

Экспериментальные исследования проводились в грунтовом канале ФГБОУ ВПО «СибАДИ». В качестве объекта исследований был выбран каток вибрационный трехосный трехвальцовый ДУ-107. В качестве уплотняемого основания был использован суглинок II-ой категории. Измерение числа оборотов привода вибровозбудителя осуществлялось с помощью цифрового фототахометра DT 2234A. Для измерения параметров вибрации был применен многофункциональный измерительный прибор «Экофизика». Прибор предназначен для измерения среднеквадратичных, эк-

вивалентных и пиковых значений виброускорения, скорректированных уровней виброускорения, октавных, третьоктавных и узкополосных спектров. Датчики прибора были установлены на раме ДВС, полу кабины и сидении оператора СДМ

Первая серия экспериментов включала измерение вибрации на различных режимах работы катка:

- стоянка с выключенным, включенным двигателем, с выключенным и включенным вибровозбудителем,

- рабочий режим – уплотнение грунта с включенным вибровозбудителем.

Варьируемый параметр - обороты ДВС, изменялись в диапазоне 1700 ... 3200 об/мин. В качестве примера на рисунке 1 показаны зависимости уровня виброускорения на раме ДВС, полу кабины и сидении оператора из которых видно, что в диапазоне частот от 1 Гц до 8 Гц значение уровня виброускорения на сидении превышает уровень виброускорения, создаваемого ДВС.

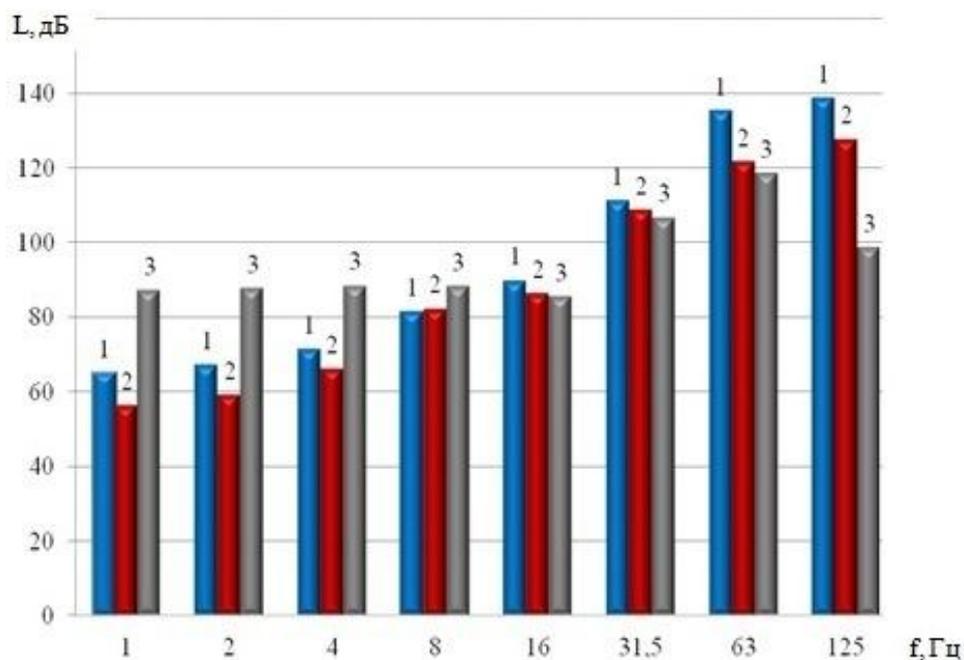


Рис. 1. Зависимость уровня виброускорения на раме ДВС (1), полу кабины (2), сидении оператора (3)

Анализ полученных данных показал, что значение уровня виброускорения на полу кабины и на кресле оператора в 90 % случаев превышает значения виброускорения на раме ДВС в диапазоне частот от 1 до 16 Гц. В диапазоне частот 16...63 Гц отмечено увеличение уровня виброускорения на сидении оператора по сравнению с уровнем виброускорения на полу кабины.

Таким образом, можно сделать вывод о низкой эффективности существующей системы виброзащиты оператора.

Вторая серия экспериментов проводилась с целью определения путей распространения

вибрации от источников (ДВС и вибровозбудителя) к рабочему месту оператора.

Каналами распространения вибрации могут быть как металлоконструкция катка, так и уплотняемое основание.

Для оценки влияния каждого из каналов на общий уровень вибрации осуществлялось поочередное исключение каждого канала.

Для оценки канала распространения вибрации через металлоконструкцию катка задний валец вывешивался на кран-балке с отрывом от опорной поверхности. Внешний вид катка в процессе эксперимента представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Задний валец катка приподнят

В ходе эксперимента вибровозбудитель был включен, грунт уплотнен.

Варьируемый параметр - обороты ДВС, изменялись в диапазоне 1700 - 3100 об/мин. Датчики прибора были установлены на раме ДВС, полу кабины.

В результате были получены значения виброускорения на раме ДВС полу кабины и сидении. На основании полученных данных были построены зависимости коэффициентов

передачи вибрации (1, 2), представленные на рисунках 3 и 4:

$$K_1 = \sigma_{\text{пол кабины}} / \sigma_{\text{дес.}} \quad (1)$$

$$K_2 = \sigma_{\text{сиденье}} / \sigma_{\text{пол кабины}}, \quad (2)$$

где  $\sigma_{\text{пол кабины}}$ ,  $\sigma_{\text{дес.}}$ ,  $\sigma_{\text{сиденье}}$  – среднеквадратическое значение виброускорения на полу кабины и ДВС и сидении оператора соответственно,  $\text{м/с}^2$ .

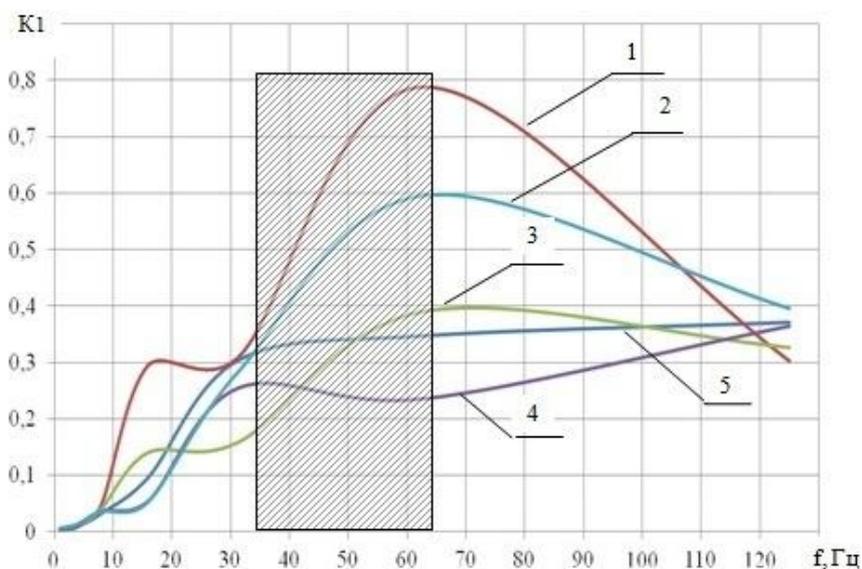


Рис. 3. Коэффициент передачи вибрации по каналу «рама ДВС – пол кабины»

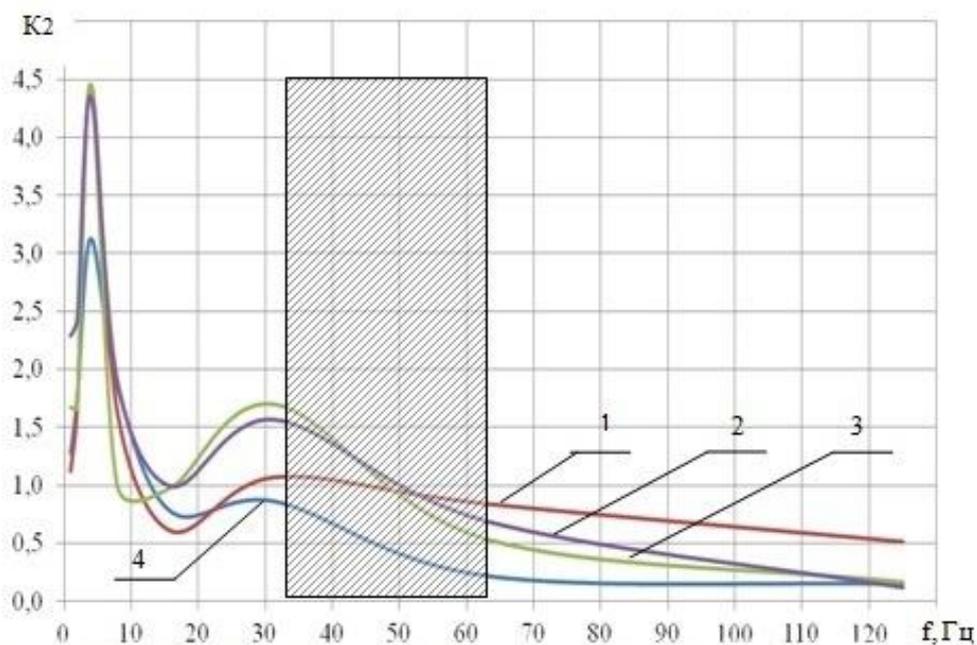


Рис. 4. Коэффициент передачи вибрации по каналу «пол кабины - сиденье оператора»

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод о том, что системы имеют максимальные коэффициенты передачи на частоте внешней возмущающей силы, создаваемой ДВС и вибровозбудителем. Следовательно, изменение вида зависимости коэффициента передачи системы «ДВС - пол кабины – сиденье оператора» позволит снизить вибрации, передаваемой по этому каналу.

Для исключения влияния металлоконструкции как канала передачи вибрации, была отсоединена шарнирная тяга. Все вальцы находились на основании, регистрируемые и варьируемые параметры соответствовали предыдущему эксперименту. В ходе эксперимента было установлено, что значение виброускорения на полу кабины и сидении оператора были как минимум на два порядка ниже значения виброускорения на раме ДВС. Таким образом, была подтверждена гипотеза о том, что металлоконструкция катка является основным каналом передачи вибрации от источника к оператору.

#### Заключение

С точки зрения автора дальнейшие исследования необходимо направить на разработку виброзащитной системы на основе изменения динамических параметров связи шарнирной подвески и совершенствования подвески кресла оператора.

#### Библиографический список

- ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.

#### RESULTS OF THE STUDY OF VIBRATION EFFECTS DU-107 TO THE OPERATOR

E. A. Korchagina

Results of the study of vibration effects DU-107 to the operator.

*Корчагина Елена Анатольевна, соискатель, помощник ректора ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Основное направление научных исследований: исследование системы виброзащиты катка ДУ-107. korchagina72@mail.ru, korchagina\_ea@sibadi.org.*

УДК 629.331:331

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА ШЕЕК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ЗМЗ-402

В. Н. Кузнецова, А. Д. Дерман, В. В. Савинкин, Л. Н. Киселева

**Аннотация.** На основании проведённого технологического и экономического анализа наиболее распространённых видов восстановления шеек коленчатых валов были отобрано наиболее соответствующие заданным условиям, с последующим сравнением их экономических показателей.

**Ключевые слова:** восстановление шеек коленчатых валов, капитальные вложения, эффективность, экономические показатели.

### Введение

Одним из самых крупных резервов эффективности в сфере эксплуатации подвижного состава автотранспортных предприятий выступает восстановление изношенных деталей. Оно обеспечивает экономию высококачественного материала, топлива, энергетических и трудовых ресурсов.

Для восстановления трудоспособности изношенных деталей требуется в 5-8 раз меньше технологических операций по сравнению с изготовлением новых деталей.

Согласно статистическим данным, свыше 85 % деталей восстанавливают при износе не более 0,3 мм, т.е. их работоспособность восстанавливается при нанесении покрытия незначительной толщины.

Однако ресурс восстановленных деталей по сравнению с новыми, во многих случаях, остается низким. В тоже время имеются такие примеры, когда ресурс восстановленных прогрессивными способами деталей в несколько раз выше ресурса новых.

С учётом множества существующих методов восстановления шеек коленчатых валов, актуальной задачей становится выбор наиболее оптимального с технологической и экономической точки зрения в условиях небольших автопредприятий.

### Основная часть

При восстановлении коленчатых валов двигателей возникает необходимость изыскания новых, более прогрессивных способов восстановления, которые смогли бы повысить ресурс деталей при сравнительно низких затратах.

Существует несколько наиболее распространённых видов восстановления шеек коленчатых валов:

- шлифовка под ремонтные размеры;
- вибродуговая наплавка в жидкости;

- вибродуговая наплавка в водокислородной среде;
- автоматическая электродуговая наплавка под слоем флюса;
- двухслойная наплавка проволокой Св-08 под слоем флюса;
- двухслойная наплавка порошковой проволокой;
- наплавка в среде углекислого газа;
- плазменная металлизация;
- лазерный способ восстановления;
- наплавка под легирующим флюсом по оболочке;
- шлифовка под ремонтные размеры с последующей финишной антикоррозионной безабразивной обработкой (ФАБО);
- с установкой дополнительных ремонтных деталей.

Технологический анализ вышеперечисленных методов проводился с учётом особенностей материала и конструкции коленчатого вала двигателя ЗМЗ-402, исходя из сложности процессов восстановления и предварительной оценки стоимости необходимого оборудования.

**Шлифовка под ремонтные размеры.** Преимущество этого способа заключается в его технологической простоте. Недостаток – сокращение межремонтных пробегов соответственно после расточки под каждый последующий ремонтный размер.

**Вибродуговая наплавка в жидкости.** Благодаря двукратному запасу прочности в эксплуатации наблюдается незначительное количество их поломок. Но применение этого способа наплавки для восстановления чугунных коленчатых валов двигателей автомобилей из-за значительного снижения усталостной прочности становится не приемлемым.

**Вибродуговая наплавка в водокислородной среде.** В целом эксплуатационные свойства таких валов изучены не достаточно,

из-за низкой в сравнении с высокопрочным чугуном износостойкости наплавленного металла этот способ наплавки не может быть рекомендован к повсеместному использованию.

**Однослойная наплавка под флюсом.**

Все разновидности однослойной наплавки под флюсом не дали однозначно положительных результатов. Наплавленный металл имел неоднородную структуру и твердость, содержал поры, трещины и шлаковые включения.

**Двухслойная наплавка проволокой Св-08 под легирующим слоем флюса.** Недостатком этого способа наплавки является образование большого количества трещин в наплавленном слое, вызывающих повышенный износ сопряженных вкладышей. Наличие на поверхности шеек большого количества трещин не позволяет рекомендовать этот способ для широкого применения.

**Двухслойная наплавка порошковой проволокой.** Существенным недостатком этого способа наплавки является образование пор, раковин и трещин в наплавленном слое. Износостойкость наплавленных шеек находится на уровне не наплавленных. Усталостная прочность восстановленных чугунных коленчатых валов снижается на 44 %.

В связи с выше перечисленными недостатками этот способ восстановления чугунных коленчатых валов рекомендовать нельзя.

**Наплавка в среде углекислого газа.** Усталостная прочность при этом способе снижается на 45-50 %.

Из-за указанных недостатков такую наплавку применять нецелесообразно.

**Плазменная металлизация.** Недостатком этого способа является высокие начальные капиталовложения в оборудование.

В настоящее время при отсутствии значительных оборотных средств у предприятий этот недостаток не позволяет рекомендовать способ к повсеместному использованию.

**Лазерный способ восстановления.** Этот способ не может быть рекомендован к использованию на данном этапе в силу высокой стоимости оборудования и высокой требовательности к обслуживающему персоналу и культуре производства.

**Наплавка под легирующим флюсом по оболочке.**

Достоинством этого способа является отсутствие пор и трещин, высокие прочностные характеристики и доступное по цене оборудование. Недостатком является сложность технологического процесса восстановления.

**Шлифовка под ремонтные размеры с последующей финишной антикоррозионной безабразивной обработкой.** При использовании данного метода увеличивается межремонтный пробег отремонтированных коленчатых валов примерно в 1,5 раза.

Недостатком этого метода является незначительное усложнение технологического процесса восстановления по сравнению с методом ремонта под ремонтный размер.

**Метод дополнительных ремонтных деталей.** При данном способе возможен ремонт коленчатых валов прошедших все ремонтные размеры, валов у которых были провернуты вкладыши. Также увеличивается срок службы коленчатых валов.

Недостатком является сложность технологического процесса восстановления.

В результате технологического анализа вышеперечисленных способов восстановления шеек коленчатых валов в условиях небольших автопредприятий наиболее приемлемыми являются метод шлифовки под ремонтный размер (в том числе с последующей ФАБО) и метод восстановления с помощью дополнительных ремонтных деталей.

Остальные методы являются технологически сложными, требуют значительных капитальных вложений, привлечения высококвалифицированных специалистов и могут применяться на авторемонтных заводах или в условиях автоцентров.

Ниже представлены сводные ведомости по учёту задействованных специалистов разработанных соответствующих технологических процессов восстановления коленчатых валов (см. таблицы 1, 2, 3) при индивидуальном методе ремонта.

Таблица 1 - Сводная ведомость по определению разряда специальности методом ФАБО

Специальность	Трудоёмкость, чел - час
Слесарь 3 разряда	5,92
Слесарь 4 разряда	0,77
Шлифовщик 5 разряда	1,52
Итого	8,21

## ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Таблица 2 - Сводная ведомость по определению разряда специальности методом шлифовки под ремонтный размер

Специальность	Трудоёмкость, чел - час
Слесарь 3 разряда	5,92
Слесарь 4 разряда	0,77
Шлифовщик 5 разряда	1,09
Итого	7,78

Таблица 3 - Сводная ведомость по определению разряда специальности методом дополнительных ремонтных деталей

Специальность	Трудоёмкость, чел - час
Слесарь 3 разряда	5,92
Слесарь 4 разряда	0,77
Шлифовщик 5 разряда	1,15
Сварщик 5 разряда	0,95
Итого	8,79

Расчёт показателей экономической эффективности сравниваемых трёх методов восстановления проводился по ценам и действующим тарифам Республики Казахстан, в тенге.

При расчёте учитывались следующие статьи затрат:

- капитальные вложения, в том числе стоимость вновь приобретённого оборудования (круглошлифовальный станок ЗА423-1850000 тенге [2], муфельная печь ПКМ 4.8.4/11,5-2130000 тенге [3], сварочный аппарат УДС-58-2-250000 тенге [5], стоимость приспособления для ФАБО-44000 тенге), стоимость демонтажно-монтажных работ, стоимость транспортировки оборудования;

- потребность электроэнергии на питание силовых потребителей, на освещение рабочих мест на вентиляцию (принималась типовая планировка слесарно-механического участка);

- расходы на отопление производственной зоны;

- затрат на водоснабжение;

- заработная плата рабочих, занятых на восстановлении коленчатых валов;

- затраты на текущий ремонт оборудования;

- амортизация оборудования;

- затраты на содержание, ремонт и возобновление инвентаря;

- прочие затраты, в том числе на приобретение комплектов полуколец для шатунных и коренных шеек коленчатых валов [4].

На основании сравнительного экономического анализа (см. таблицу 4), при полностью загруженной годовой программы было выявлено:

- при шлифовании под ремонтный размер шеек коленчатого вала наименьший срок окупаемости, т.к. при данном методе ремонтируется наибольшее количество коленчатых валов, у данного метода наименьшие капитальные вложения;

- при использовании метода шлифования с применением ФАБО увеличивается срок окупаемости, но также увеличивается и срок службы коленчатых валов, что выгодно для клиентов;

- метод восстановления с помощью дополнительных ремонтных деталей наименее эффективен, имеет наибольший срок окупаемости и наибольшие капитальные вложения, но данный способ применим при ремонте коленчатых валов прошедших все ремонтные размеры, а так же валов у которых были возвращены вкладыши.

## ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Таблица 4 – Основные экономические показатели

Экономические показатели	Единицы измерения	Методы восстановления шеек коленчатых валов		
		Шлифование	Шлифование с ФАБО	Дополнительная ремонтная деталь
Капитальные вложения	млн. тенге	2,127	2,171	4,864
Затраты на отопление	тыс. тенге	409,5	409,5	409,5
Затраты на электроэнергию	тыс. тенге	161,9	161,9	856,9
Затраты на водоснабжение	тыс. тенге	4,8	4,8	9,5
Затраты заработную плату рабочих	тыс. тенге	447,5	448,7	736,9
Затраты текущий ремонт оборудования	тыс. тенге	92,5	94,7	211,5
Затраты амортизацию оборудования	тыс. тенге	222	227,2	507,6
Затраты содержание, ремонт и возобновление инвентаря	тыс. тенге	74	75,7	169,2
Прочие затраты	тыс. тенге	92,5	94,7	211,5
Общая сумма всех затрат	млн. тенге	1,505	1,517	6,771
Срок окупаемости	год	0,23	0,3	1,0

### Библиографический список

1. Дерман А. Л., Никитин А. В., Абдракипов С.Р. Инновационный патент на изобретение № 23134. Устройство для финишной антикоррозионной безабразивной обработки шеек коленчатого вала методом пластической деформации (Комитет по правам интеллектуальной собственности Министерства Юстиции Республики Казахстан). Заявка № 2008/1169.1 от 24.10.2008.

2. www.promportal.su.

3. www.tmking.ru.

4. Спиридонов Н. В. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин. Минск: Высшая школа, 1988. - 155 с.

5. www.rs-metal.ru.

6. Зуев А. А., Арсентьев А. В., Федорищев А. А. Технология восстановления шеек коленчатых валов // Двигателестроение. 2006. - № 3. - С. 40-42.

7. Юданова А. В. Повышение качества ремонта двигателей внутреннего сгорания путем применения рациональных ремонтно-технологических воздействий // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. 2004. - № 2. - С. 597.

### THE COMPARATIVE ANALYSIS ORGANIZING REPAIR NECKS CRANKSHAFTS ZMZ-402

V. N. Kuznetsova, A. L. Derman, V. V. Savinkin  
L. N. Kiselyova

On the basis of technological and economic analysis of the most common types of recovery necks

crankshafts were selected the most relevant criteria, and then comparing their economic performance.

*Кузнецова Виктория Николаевна – доктор технических наук, профессор Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основные направления научной деятельности: Оптимизация рабочих органов землеройных и землеройно-транспортных машин. Общее количество опубликованных работ: более 90. E-mail: dissovetsibadi@bk.ru*

*Дерман Андрей Львович - старший преподаватель кафедры «Автомобильный транспорт» Северо-Казахстанский Государственный университет им. М. Козыбаева (СКГУ), г.Петропавловск. Основные направления научной деятельности - совершенство технологии ремонта транспортных двигателей. Общее количество опубликованных работ: 3. e-mail: derman68@mail.ru.*

*Савинкин Виталий Владимирович - к.т.н., доцент кафедры «Автомобильный транспорт». Основные направления научной деятельности - повышение долговечности и надежности СДМ технологичными методами. Общее количество опубликованных работ: 56. E-mail cavinkin7@mail.ru.*

*Киселева Лариса Николаевна – канд. тех. наук, доцент кафедры Эксплуатация и ремонт автомобилей Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии.*

УДК 51-7

## ВОЗМОЖНОСТЬ СКРЫТОЙ ДИСТАНЦИОННОЙ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ АЛКОГОЛЬНОГО ОПЬЯНЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Е. А. Левитская

**Аннотация.** В данной работе рассмотрена актуальная проблема обеспечения безопасности на дорогах – вождение автомобиля в недопустимом психофизиологическом состоянии. Предложен способ скрытого дистанционного определения степени алкогольного опьянения.

**Ключевые слова:** определение концентрации алкоголя в крови, алкозамок, ИК – спектроскопия.

### Введение

В последние годы все большую актуальность приобретает проблема обеспечения безопасности на дорогах.

Всеобщая автомобилизация не привела к формированию адекватного отношения общества и каждого человека к проблеме обеспечения безопасности на дороге. Во многом это обусловлено общим состоянием правосознания населения[1]. Участники дорожного движения способны сесть за руль транспортного средства в состоянии чрезмерного возбуждения, алкогольного или наркотического опьянения.

Человек, сажающийся за руль транспортного средства и находящийся под воздействием психотропных веществ, представляет большую опасность, как для других участников дорожного движения, так и для самого себя. Он неадекватно оценивает свои возможности, теряет способность быстро приспосабливаться к изменению дорожных условий, снижается его концентрации внимания, происходит ухудшение периферийного поля зрения и искажение восприятия скорости и расстояния. После принятия даже незначительной дозы спиртного в течение часа реакция замедляется на 30-40 %. Установлено, что при содержании 0,05 промилли алкоголя в крови вероятность дорожно-транспортного происшествия повышается в 5 раз, при 1 промилли — в 25 раз[2].

Согласно статистике дорожно-транспортных происшествий, за 2010 год в Российской Федерации их произошло 164036. Более 15 % всех дорожно-транспортных происшествий произошло по вине водителей, находившихся за рулем в состоянии опьянения. Лишь 0,6 % дорожно-транспортных происшествий произошло из-за неисправности технических средств[3].

Сложившуюся ситуацию не изменить, даже если поставить на каждом перекрестке по инспектору ГАИ, так как изъятие прав у ош-

трафованного водителя не гарантирует его отлучение от руля. Выходом из сложившейся ситуации может стать исключение самой возможности управления автотранспортным средством в состоянии алкогольного или наркотического опьянения.

Таким образом, существует настоятельная необходимость создания системы скрытого определения психофизиологического состояния, сажающегося за руль водителя. При наличии признаков потребления водителем алкоголя или недопустимого психофизиологического состояния, система должна осуществлять блокировку включения зажигания автомобиля. Кроме того, система должна быть приемлемой, т.е. не должна вызывать чувство дискомфорта у водителя.

### Основная часть

В настоящее время, в ряде европейских стран и США, в целях недопущения управления транспортным средством водителем в состоянии алкогольного опьянения, активно используется техническое средство - алкозамок, осуществляющее блокировку включения системы зажигания автомобиля при превышении предельных значений содержания алкоголя в крови водителя. Алкозамок обычно состоит из портативного устройства и блока управления. Блок управления передает информацию по каналу проводной или беспроводной связи на центральный блок управления автомобиля. Ручное устройство снабжено сменным мундштуком и служит для контроля над превышением установленной нормы содержания алкоголя в организме [4].

Основные недостатки существующих методов идентификации психофизиологического состояния водителя – человек знает, что его проверяют и соответственно исключена скрытность проводимой операции; возможна фальсификация результатов теста; функциональная ограниченность и неудобство использования.

Очевидна необходимость разработки способа скрытой дистанционной оценки степени алкогольного опьянения, удовлетворяющего следующим требованиям:

- высокая точность определения психофизиологического состояния;
  - относительно несложные алгоритмы, обеспечивающие высокое быстродействие;
  - возможность дистанционного проведения процедуры (скрытая идентификация).
- С целью решения поставленной задачи возможно использование абсорбционной ИК-спектроскопии, основанной на существовании определенной функциональной зависимости между концентрацией элемента в поглощающем слое и одним из параметров, характеризующих линию поглощения [5]. Данный метод имеет ряд достоинств: простота и экспрессность определения, бесконтактность (следовательно, идентификация может проводиться скрыто, что исключит фальсификацию результатов идентификации).

При прохождении ИК-излучения через выдыхаемый человеком воздух происходит его поглощение на частотах, совпадающих с некоторыми собственными колебательными и вращательными частотами молекул. В результате, интенсивность ИК-излучения на этих частотах падает и образуются полосы поглощения. Длина волны для каждого колебания зависит от того какие атомы в нем участвуют, т.е. для каждой функциональной группы характерны колебания определенной длины волны.

Известно, что в соответствии с законом Бугера-Ламберта [6] плотность потока энергии оптического излучения, прошедшего через поглощающую среду изменяется по экспоненциальному закону  $(I/I_0) = \exp(-\alpha_\lambda \cdot d)$  и зависит от длины волны  $\lambda$ ,  $I_0$  – плотность потока излучения, падающего на поглощающую среду толщиной  $d$ ,  $\alpha_\lambda$  – спектральный коэффициент поглощения излучения. Для исключения влияния на результат измерения рассеивающих свойств среды, нестабильности источника излучения и др. применяют двухволновую схему. Длина волны излучения второго (опорного) канала не совпадает с полосой поглощения обнаруживаемого ингредиента и находится вблизи нее. Отношение сигналов на выходе опорного и измерительного каналов не зависит от стабильности источника и при-

емника излучения. Если облучать газовую смесь излучением на опорной и измерительной длинах волн, то прошедшие через нее потоки соответственно равны

$$I_{\lambda_0} = I_0 \exp(-\alpha_{\lambda_0} d),$$

$$I_{\lambda_u} = I_0 \exp(-\alpha_{\lambda_u} d - \alpha'_{\lambda_u} d),$$

где  $\alpha'_{\lambda_u}$  – коэффициент поглощения контролируемой составляющей газа в его полосе поглощения.

Поскольку  $\lambda_0 \approx \lambda_u$ , то  $\alpha_{\lambda_u} \approx \alpha_{\lambda_0}$ , логарифм отношения регистрируемых потоков  $\ln(I_{\lambda_u}/I_{\lambda_0}) = -\alpha'_{\lambda_u} \cdot d$ ,  $\alpha_{\lambda_0}$  и  $\alpha_{\lambda_u}$  характеризуют ослабление потоков за счет рассеяния на частицах среды.

Коэффициент поглощения связан с концентрацией поглощающего газа  $C_p$ :

$$\alpha'_{\lambda_u} = A_{\lambda_u} \cdot C_p,$$

где  $A_{\lambda_u}$  – коэффициент, характеризующий поглощающие свойства вещества.

Тогда  $C_p = -\ln(I_{\lambda_u}/I_{\lambda_0})/d \cdot A_{\lambda_u}$  (\*)

Физический смысл  $A_{\lambda_u}$  заключается в том, что если принять  $C_p = 1$  моль/л и  $d = 1$  см, то молярный коэффициент поглощения равен оптической плотности одномолярного раствора (D) при толщине слоя 1 см.

Величина  $A_{\lambda_u}$  зависит от длины волны проходящего света, природы светопоглощающего вещества и температуры и не зависит от концентрации искомого вещества, толщины поглощающего слоя и интенсивности излучения.

Оптическая плотность равна десятичному логарифму отношения потока излучения  $I_0$ , падающего на слой, к ослабленному в результате поглощения и рассеяния потоку  $I_u$ , прошедшему через этот слой:  $D = \lg(I_0/I_{\lambda_u})$ .

Монохроматическая оптическая плотность слоя нерассеивающей среды (без учёта поправок на отражение от передней и задней границ слоя) равна:  $D = 0.4343 A_{\lambda_u} C_p d$  [7].

В инфракрасных спектрах оптическая плотность поглощения этанола лежит в области 2,73 – 3,13 мкм (рисунок 1)[8].

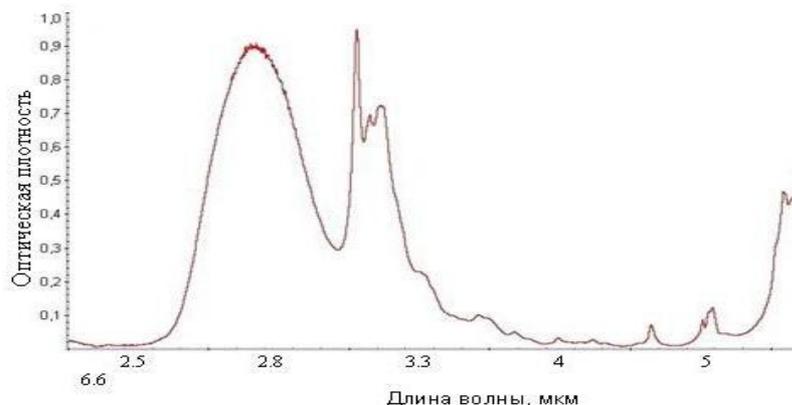


Рис. 1. Оптическая плотность поглощения этанола

Предпочтительнее использование в качестве  $\lambda_u$  длину волны равную 3 мкм ( $D = 0,88$ ), ввиду более мощной полосы поглощения и наличию в этом диапазоне «окна прозрачности» атмосферных газов (рисунок 2)[9].

Тогда при  $C_p = 1 \text{ моль/л}$  и  $d = 1 \text{ см}$ ,

$$A_{\lambda_u} = \frac{0.88}{0.4343 \cdot C_p \cdot d} = 2.02$$

Общая формула для расчета концентрации этанола в крови была предложена шведским химиком Эриком Н. П. Видмарком[10].

$$C = \frac{M}{m \cdot r} (**),$$

где  $C$  - концентрация этанола в крови в промилли, ‰

$M$  - масса выпитого чистого алкоголя в граммах,

$m$  - масса тела человека в килограммах,

$r$  - коэффициент распределения Видмарка (0,7 - для мужчин, 0,6 - для женщин).

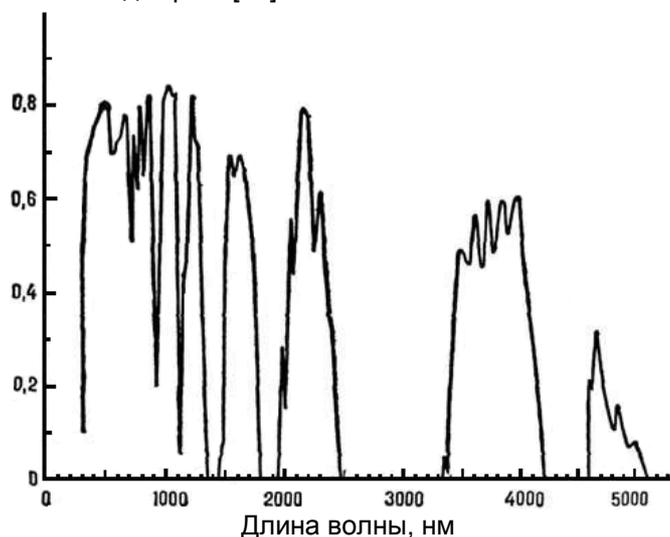


Рис. 2. График пропускания оптического излучения атмосферой на дальности 300 м

Данная формула отражает лишь общую закономерность, а не реальную количественную оценку содержания алкоголя в крови, так как не учитывает некоторых факторов. Например, период времени, в течение которого

был употреблен алкоголь; употреблялся алкоголь на «голодный» или «сытый» желудок и др.

На рисунке 3 представлена зависимость концентрации алкоголя в крови мужчины массой 75 кг от количества употребленного им этанола.

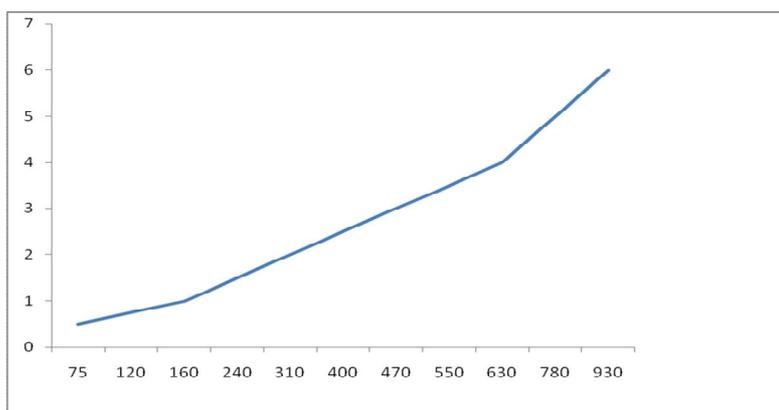


Рис. 3. Зависимость концентрации алкоголя в крови от количества употребленного этанола

В выдыхаемый воздух алкоголь проникает из крови, диффундируя через стенки альвеол. Соотношение концентрации алкоголя в крови и альвеолярном воздухе постоянно, оно определяется разностью плотности сред: крови и воздуха и составляет приблизительно 1:2200. Это означает, что в 2200 см<sup>3</sup> альвеолярного воздуха содержится такое же количество алкоголя, как в 1 см<sup>3</sup> крови.

Содержание паров алкоголя в выдыхаемом воздухе выражается в миллиграммах на 1 м<sup>3</sup> и с учетом отношения плотностей крови и воздуха может быть выражено в промиллях по крови. При этом 0,1 град./100 алкоголя в крови соответствует приблизительно 45 мг/м<sup>3</sup> алкоголя в выдыхаемом воздухе, т.е.

$$C = \frac{0,1 \cdot C_p}{45} (***)$$

С учетом, полученных данных, из уравнений (\*), (\*\*), и (\*\*\*) следует,

$$Q = -\ln(I_{\lambda u} / I_{\lambda 0}) = \frac{0,202 \cdot M \cdot d}{45 \cdot m \cdot r}$$

После прохождения потоков оптического излучения через поглощающий слой и их отражения от субъекта, сигналы на выходе оптической системы будут иметь вид:  $U_{\lambda u} = U_{\lambda u} \pm \xi_{ui}$  и  $U_{\lambda 0} = U_{\lambda 0} \pm \xi_{ui}$ , где  $U_{\lambda u}, U_{\lambda 0}$  - сигналы на входе оптической системы при  $\lambda_u$  и  $\lambda_0$  соответственно;  $\xi_{ui}$  - случайная величина, характеризующая шумы в приемопередающих каналах.

Следовательно, для успешной регистрации величины концентрации алкоголя в выдыхаемом субъектом воздухе необходимо, чтобы отношение  $\frac{Q}{\xi_{ui}} < 1$ .

При обнаружительной способности детектора равной  $5,6 \cdot 10^{-8}$  в идеальном случае

( $\xi_{ui} = 0$ ) при употреблении 50 грамм алкоголя мужчиной массой 75 кг на расстоянии 40 см, мы сможем обнаружить концентрацию этанола  $C = 0,95 \text{ ‰}$ .

#### Заключение

Предложенный способ скрытой идентификации концентрации алкоголя в крови водителя исключает возможность запуска двигателя транспортного средства человеком в состоянии алкогольного опьянения.

#### Библиографический список

1. Конфликтные ситуации и дорожная аварийность с участием пешеходов на городских магистралях [Текст] / Ю.А.Рябоконе, М.Г.Симиль // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2011. – №3 (21). – С. 19-23. – Библиогр.: с.23 (3 назв.)
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autodealer.ru/autopedia/charges/alcohol>
3. Официальный сайт ГИБДД МВД России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru/news/615>
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.alcotest.ru/reg/alcohol.htm](http://www.alcotest.ru/reg/alcohol.htm)
5. Брицке М. Э. Атомно-абсорбционный спектрохимический анализ (Методы аналитической химии). – М.: Химия, 1982. – 224 с., ил.
6. Кросс А. Введение в практическую инфракрасную спектроскопию. Перевод с английского канд.хим.наук Ю. А. Пентина. - М.: Изд-во ин. лит-ры, 1961.
7. Большая советская энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия. 1970. - 680 с.
8. NIST Chemistry WebBook [Electronic resource]. – Mode access: <http://webbook.nist.gov/>
9. Прозрачность земной атмосферы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.astronet.ru/>
10. Определение содержания алкоголя в крови [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wapedia.mobi/ru>

POSSIBLE HIDDEN DISTANCE MEASURING  
INTOXICATED DRIVER OF THE VEHICLE

E. A. Levitskaya

In this paper, the actual problem of road safety - driving in a valid psychophysiological state. We propose a way to hide the remote determination of degree of intoxication.

*Левитская Елена Андреевна – аспирант Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии, кафедра «Информационная безопасность». Общее количество опубликованных работ: 1. e-mail: laska\_kb@mail.ru*

УДК 629.084

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНЫХ  
КАТКОВ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ

С. В. Савельев

**Аннотация.** Статья посвящена обоснованию параметров перспективных катков с адаптивными рабочими органами для уплотнения грунтов. Приводятся: методика обоснование адаптации параметров катка для каждого этапа уплотнения супесчаного грунта, методика выбора вибрационных параметров. Выводятся практические рекомендации для технологического процесса уплотнения.

**Ключевые слова:** Адаптация, грунт, уплотнение, параметры, контактные давления, масса, вынуждающая сила.

**Введение**

Обоснование параметров любого уплотняющего средства должно основываться на данных о свойствах и состоянии обрабатываемой среды. В первую очередь это касается модуля деформации  $E$ , предела прочности  $\sigma_{пр}$ , жёсткости  $c_2$  и коэффициента вязкого трения  $b_2$ , объёмный веса  $\gamma_{гр}$ .

Свойства деформируемых грунтов широко отражены в теоретических и экспериментальных исследованиях Н. Я. Хархуты, В. Ф. Бабкова, В. М. Безрук, Ю. М. Васильева, О. Т. Батракова /1, 2/ и д.р., реологические свойства отражены в трудах С. С. Вялова, Д. Д. Баркана, Н.А. Флорина и д.р. /3, 4/.

**Описание задачи**

Для адаптивных рабочих органов катков отдельным вопросом стоит обоснование параметров адаптации по реологии (энергоэффективность вибрации) или по площади контакта (контактные давления) в зависимости от этапа процесса уплотнения.

**Метод решения:** В следствие того, что на первом этапе сопротивление материала деформированию не высокое процесс уплотнения протекает достаточно интенсивно даже в статическом режиме, адаптация может осуществляться по площади контакта. На заключительных этапах статических напряжений, как правило, не достаточно и интенсифика-

ция процесса уплотнения должна осуществляться за счёт использования вибрации. Поэтому главная задача заключается в обосновании правильного соотношения всех характеристик уплотнителя на каждой стадии процесса.

Решить эту задачу возможно введением условного понятия эквивалентная статическая масса  $m_{эк}$ . Как известно /xxx/ вибрационные катки с металлическими вальцами по массе как минимум в 3 раза эффективнее статических, т.е.  $m_{эк}=1/3 \cdot m_{ст}$ . В случае использования адаптивных катков данное соотношение действует только тогда, когда жёсткость рабочего органа идентична жёсткости металлического вальца. Выше было отмечено, что это должно происходить на финальной стадии процесса уплотнения. На начальных стадиях жёсткость вальцов уменьшается для увеличения площади контакта и снижения контактных давлений. В этом случае снижается энергоэффективность использования вибрации, а значит эквивалентная масса может быть близка к статической  $m_{эк} \approx m_{ст}$ .

Данное соотношение можно определить, сравнивая зависимости отношений жёсткости и параметров контакта адаптивного и металлического рабочих органов на разных этапах процесса уплотнения.

Площадь контакта должна соответствовать этому пределу, с учётом максимальной энергоэффективности передачи вибрации (максимальная жёсткость рабочего органа). Как показывают многочисленные исследования /хх/ статическая масса, в этом случае, может быть уменьшена в 3 раза. Для адаптивных рабочих органов это соотношение должно быть снижено (в зависимости от жёсткости РО). Неизвестной величиной при расчёте является длина контакта  $b$ , которая для любого вальца может определиться из сообщения, что в конце процесса уплотнения материал не деформируется, начальный расчетный параметр  $b$  должен измеряться для любого адаптивного катка на жёсткой поверхности.

Проиллюстрируем подход к обоснованию параметров адаптивного катка при уплотнении супесчаного грунта со следующими исходными свойствами:

влажность – 14 %

предел прочности от 0,4 МПа до 0,7 МПа

сцепление - 1500, кг/м<sup>2</sup>

плотность конечная - 1700 кг/м<sup>3</sup>;

угол внутреннего трения – 8°;

Уплотнение осуществляется адаптивным катком с вальцом на базе пневмошин 10,00 – 20 (508 -260) ширина 1,5 м.

Определим массу уплотнителя, приходящуюся на контактную площадь в соответствии с пределом прочности уплотняемого материала.

В первую очередь необходимо определить эквивалентную массу способную проработать уплотняемый материал на последней стадии уплотнения, когда он обладает максимальным пределом прочности. На конечной стадии предел прочности супеси составляет 0,7 МПа ( $k_y=1,0$ ) /1, 2/.

Площадь контакта должна соответствовать этому пределу, с учётом максимальной энергоэффективности передачи вибрации (максимальная жёсткость рабочего органа). Из сравнения жёсткости адаптивного и металлического вальцов можно установить соотношение массы 1:2.

$$m = \frac{\sigma_{\text{пр}}}{g} \cdot B \cdot b \quad (1)$$

где  $m$  - необходимая статическая масса катка, кг;  $\sigma_{\text{пр}}$  – предел прочности материала при  $k_y=1$ , Н/м<sup>2</sup>;  $B$  – ширина рабочего органа, м;  $b$  – длина контакта, м (величина длины контакта на жёстком основании);  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

$$m = \frac{700000}{9,81} \cdot 0,17 \cdot 1,5 = 18200 \text{ кг.}$$

С учётом интенсификации процесса за счёт применения вибрации эквивалентная масса может быть уменьшена в 2 раза.

$$m_{\text{эк}} = 18200/2 = 9100 \text{ кг}$$

Необходимая эквивалентная статическая масса составит 9100 кг.

Во вторую очередь необходимо проверить будет ли выбранная масса соответствовать условию протекания процесса уплотнения  $\sigma_{\text{т}}(t) < \sigma_{\text{пр}}(t)$  (по В. Б. Пермякову /5/) на каждом предыдущем проходе катка. С точки зрения работы уплотнителя с максимальной производительностью, учитывая меньший предел прочности на каждом предыдущем проходе, необходимо стремиться к увеличению параметра контакта и как следствие повышению рабочей скорости катка. Увеличение параметра контакта, в этом случае, происходит за счёт снижения жёсткости адаптивного вальца, а это приводит к снижению энергоэффективности передачи вибрации. Величина эквивалентной массы на каждом предыдущем проходе снижается пропорционально известной зависимости снижения жёсткости  $c_2$  /6, 7/ рабочего органа.

Зависимость изменения предела прочности уплотняемого грунта может быть найдена в соответствии с эмпирическими данными [86, 144, 162]  $\sigma_{\text{пр}} = 15,653 \ln(n) + 40,365$ .

Определим необходимые параметры контакта  $S$  – площадь и  $b$  – длину.

$$S_i = m_{\text{эки}} g / \sigma_{\text{при}} \quad (2)$$

$$b = S/B, \quad (3)$$

где  $S_i$  – необходимая на каждом проходе площадь контакта, м<sup>2</sup>;  $m_i$  – эквивалентная масса, кг;  $\sigma_{\text{при}}$  – предел прочности грунта после каждого прохода, Н/м<sup>2</sup>;  $B$  – ширина рабочего органа, м;  $b$  – длина контакта, м.

Необходимые параметры контакта на 1 проходе:

$$S_1 = 18200 \cdot 9,81 / 400000 = 0,446 \text{ м}^2$$

$$b = 0,446 / 1,5 = 0,3 \text{ м.}$$

Необходимые параметры контакта на 2 проходе:

$$S_2 = 15300 \cdot 9,81 / 510000 = 0,294$$

$$\text{м}^2 \quad b = 0,294 / 1,5 = 0,196 \text{ м.}$$

Необходимые параметры контакта на 3 проходе:  $S_3 = 13200 \cdot 9,81 / 580000 = 0,223 \text{ м}^2$

$$b = 0,223 / 1,5 = 0,148 \text{ м.}$$

Необходимые параметры контакта на 4 проходе:

$$S_4 = 11500 \cdot 9,81 / 640000 = 0,176 \text{ м}^2$$

$$b = 0,176 / 1,5 = 0,117 \text{ м.}$$

Необходимые параметры контакта на 5 проходе:

$$S_5 = 10100 \cdot 9,81 / 680000 = 0,146 \text{ м}^2$$

$$b = 0,146 / 1,5 = 0,097 \text{ м.}$$

Необходимые параметры контакта на 6 проходе:

$$S_6 = 9100 \cdot 9,81 / 700000 = 0,125 \text{ м}^2$$

$$b = 0,125 / 1,5 = 0,095 \text{ м.}$$

На основании расчётов может быть построена зависимость изменения параметров контакта от количества проходов и жёсткости рабочего органа катка (рис. 1).

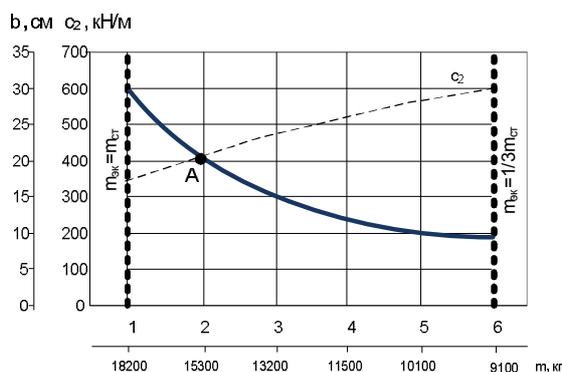


Рис. 1. Зависимость изменения параметров контакта от количества проходов и жёсткости рабочего органа катка

На основании анализа полученной зависимости и данных по изменению жёсткости от давления в шине и количества бандажей таб. 2 /7/ можно дать рекомендации по адаптации рабочего органа катка на каждом этапе уплотнения супесчаного грунта влажностью 14%.

Таблица 2 - Значения показателей жёсткости адаптивного вальца  $c_2$

Количество бандажей N, шт	Жёсткость вальца $c_2$ при давлении в шинах, кН/м			
	$P_w = 0,2 \text{ МПа}$	$P_w = 0,3 \text{ МПа}$	$P_w = 0,4 \text{ МПа}$	$P_w = 0,6 \text{ МПа}$
2	338	408	510	773
4	412	572	800	1105
6	470	608	1400	2100
8	523	650	2100	3540
10	578	702	2824	4780
12	600	720	3340	5400

1. Первый проход каток должен совершать при максимально возможном пятне контакта (при ширине рабочего органа 1,5 м длина контакта должна составлять 0,3 м), что соответствует жёсткости 338 кН/м (давление в шинах 0,2 МПа – бандажи не обязательны);

2. Второй проход: длина контакта при неизменной ширине РО должна составлять около 0,19 м, что соответствует жёсткости рабочего органа 400 кН/м (давление в шинах

0,2 МПа при 4 бандажах);

3. Третий проход: длина контакта должна быть около 0,15 м, жёсткость 470 кН/м (давление в шинах 0,2 МПа при 6 бандажах);

4. Четвёртый проход: длина контакта около 0,12 м, жёсткость должна составлять 520 кН/м (давление в шинах 0,2 МПа при 8 бандажах);

5. Пятый проход: длина контакта около 0,1 м, жёсткость 580 кН/м (давление в шинах 0,2 МПа при 10 бандажах или 0,3 МПа при 4 бандажах);

6. Шестой проход: длина контакта 0,095 м, жёсткость 600 кН/м (давление в шинах 0,2 МПа при 12 бандажах или 0,3 МПа при 6 бандажах).

На основании полученных данных о статических нагрузках проведём обоснование необходимой вынуждающей силы вибровозбудителя, с учётом полученной эквивалентной массы катка.

В соответствии с проведёнными исследованиями /8/ обоснования параметров вибрации величина вынуждающей силы должна превышать значение правой части неравенства (4), но не должна превышать показателей предела прочности уплотняемого материала  $\sigma_{пр}$ .

$$\sigma_{пр} S > P > \frac{CSg + m_1 g + \sigma_n \text{tg}\varphi}{V_p} \left( m_1 + \frac{b_2 c_2}{b_2 + c_2} 0,025 \cdot m_2 \right) \cdot (4)$$

При известной величине вынуждающей силы и её частоте колебаний можно определить необходимый момент дебалансов:

$$P = m_d r_d \omega_2^2 \quad (5)$$

Отсюда

$$m_d r_d = \frac{P}{\omega_2^2} \quad (6)$$

Минимальное необходимое значение вынуждающей силы на финальном этапе процесса уплотнения. Сопротивление грунта деформированию в этом случае велико, и как было определено ранее, жёсткость рабочего органа должна быть максимально приближена к жёсткости металлического, диссипация энергии вибровозбудителя была минимальной. Предел прочности супеси при  $k_y=1,0$  и оптимальной влажности составляет 0,7 МПа. Необходимая площадь контакта при ширине вальца 1,5 м, в соответствии выполненными расчётами 0,125 м<sup>2</sup>. Воспользуемся уравнением 5.

$$0,7 \cdot 10^6 \cdot 0,125 > P > \frac{1500 \cdot 9,81 \cdot 0,125 + 320 \cdot 9,81 + \frac{9100 \cdot 9,81 \cdot \text{tg} 8}{0,125}}{0,19 \cdot 1700} \cdot 0,025 \cdot 9100$$

где  $\sigma_{пр}=0,7$  МПа;  $C=1500$ , кг/м<sup>2</sup>;  $S=0,125$ , м<sup>2</sup>;  $H$ ;  $\rho=1700$  кг/м<sup>3</sup>;  $\varphi=8^\circ$ ;  $m_1=320$  кг;  $m_2=9100$  кг;  $V=0,19$  м<sup>3</sup>;  $g=9,81$ , м/с<sup>2</sup>.

$$87500 \text{ Н} > P > 74895 \text{ Н}$$

Таким образом, рациональное значение величины вынуждающей силы вибровозбудителя должно быть не менее 75 кН и не более 87,5 кН.

С учётом экспериментальных данных [6] на окончательном этапе рациональная частота вибровозбудителя (необходимая для проработки супесчаного грунта) должна составлять 40 Гц, определим момент дебалансов вибрационного катка.

$$m_d r_d = \frac{75000}{(2400)^2} = 0,013 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

#### Заключение

Адаптируя параметры катка согласно полученным рекомендациям, супесчаный грунт влажностью 14% уплотняется до коэффициента уплотнения  $k_y=1,0$  за 6 проходов. Полученные данные были подтверждены экспериментально / журнал/, что позволяет говорить о возможности виброуплотнения супесчаных грунтов от свежесыпанного состояния до нормативной плотности одним адаптивным катком. Применение методики обоснования параметров адаптивных катков при уплотнении различных грунтовых сред позво-

ляет повысить производительность дорожных катков, снизить энерго- и трудозатраты, улучшить технологию работ.

#### Библиографический список

1. Бабков В. Ф. Основы грунтоведения и механики грунтов/ В.Ф.Бабков, В.М. Безрук. – М.: Высшая школа, 1976. – 328 с.: ил.
2. Хархута Н.Я. Устойчивость к уплотнению грунтов дорожных насыпей/ Н.Я. Хархута, Ю.М. Васильев. – М.: Автотрансиздат, 1964. – 216 с.
3. Флорин Н.А. Основы механики грунтов/ Н.А. Флорин. – Л.-М.: Госстройиздат, 1959, 1961. – Т. 1-2. – 408 с.
4. Баркан Д.Д. Экспериментальные исследования вибровязкости грунта/ Д. Д. Баркан// ЖТФ. – 1948. – Т. 8. – Вып. 5.– С.701 – 706.
5. 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.
6. С. В. Савельев Уплотнение грунтов катками с адаптивными рабочими органами: монография. – Омск: СИБАДИ, 2010. – 122 с.
7. С. В. Савельев, канд. техн. наук, доц., А. Г. Лашко, асп., Инновационные решения интенсификации процессов строительства дорожно-транспортной инфраструктуры. Вестник СИБАДИ: Научный рецензируемый журнал. – Омск: СИБАДИ. – №1 (23). – 2012 г. С. 20 – 22.
8. Пермяков В. Б. Захаренко А. В., Савельев С. В. Обоснование выбора параметров вибрационных катков// Известия ВУЗов. «Строительство». Новосибирск - №2.- 2003 г. –С. 100-103.

#### MAKING PARAMETERS ADAPTIVE SOIL COMPACTING ROLLERS

S. V. Saveliev

The article is devoted to the justification of the parameters of perspective rollers with adaptive working tools for soil compaction. Given: a methodology study of adaptation options for each stage of the roller compaction sandy loam soil, the methods of selecting vibration parameters. We derive practical recommendations for the process seal.

*Савельев Сергей Валерьевич - Кандидат технических наук, доцент Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 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*

УДК 621.436

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ВПРЫСКА ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

А. В. Филатов

**Аннотация.** В статье показано, что комплексная интенсификация с механическим управлением форсунки позволяет получить П-образную форму характеристики процесса впрыска топлива. Для интенсификации и управления подачей топлива рекомендуются системы с аккумулярованием высокого давления и подачей топлива отдельными порциями при помощи форсунок с электронным и пьезокварцевым управлением.

**Ключевые слова:** интенсивность, впрыск, давление, управляемость, аккумулятор, форсунка, катушка, пьезокварц, электроника.

### Введение

Под интенсификацией процесса впрыскивания топлива понимается увеличение объемной скорости истечения топлива из сопловых отверстий распылителя за счет увеличения давления топлива, что обычно приводит к сокращению продолжительности впрыскивания. Для увеличения давления повышают скорость движения плунжера, уменьшают объем системы, повышают давление начала впрыскивания, увеличивают жесткость системы «насос-топливопровод-форсунка», применяют насос-форсунки.

Интенсификация процесса впрыскивания необходима в том случае, если она повышает экономичность дизеля, снижает токсичность отработавших газов. Процесс интенсификации не сложный. Достаточно, например, уменьшить объем системы, и давление топлива существенно возрастает. Но при этом увеличивается и цикловая подача. Снижая ее до уровня требуемого значения, например уменьшением хода плунжера, мы вновь возвращаемся к первоначальным параметрам процесса топливоподачи.

В данной работе указаны способы интенсификации процесса впрыска топлива с механическим управлением и ее сохранения при уменьшении подачи топлива. Расчеты выполнялись с использованием ЭВМ для

топливной аппаратуры дизеля Д-440 с номинальной цикловой подачей, равной 93 мм<sup>3</sup> при  $n = 875 \text{ мин}^{-1}$ .

Исходный вариант имел объем штуцера 2,3 см<sup>3</sup>, объем над плунжером 0,6 см<sup>3</sup>, давление начала подъема иглы  $P_{\text{фо}} = 19 \text{ МПа}$ , эффективное проходное сечение распылителя  $\mu F = 0,27 \text{ мм}^2$ , продолжительность впрыскивания  $\varphi_{\text{в}} = 11,3^\circ$ , максимальное давление в полости форсунки  $P_{\text{фм}} = 32,5 \text{ МПа}$ , среднее давление  $P_{\text{фс}} = 19,3 \text{ МПа}$ .

### Основная часть

Интенсификацию процесса впрыскивания осуществляли путем уменьшения объема штуцера до 1 см<sup>3</sup> и пространства над плунжером до 0,2 см<sup>3</sup>. Подача топлива за цикл увеличилась с 93 мм<sup>3</sup> до 110 мм<sup>3</sup>. Для обеспечения мощности дизеля Д-440, равной 66 кВт, топливная система должна подавать в камеру сгорания 93 мм<sup>3</sup>, а не 110 мм<sup>3</sup>. Подачу топлива удалось снизить известным способом – за счет перемещения хода рейки  $h_{\text{р}}$  и снижения активного хода плунжера (рис. 1).

Из анализа рисунка 1 следует, что уменьшение цикловой подачи  $q_{\text{ц}}$  привело к снижению  $P_{\text{фм}}$  и  $P_{\text{фс}}$  и увеличению  $\varphi_{\text{в}}$ . Данный способ снижения цикловой подачи **не сохраняет** ранее созданную интенсивность процесса впрыскивания.

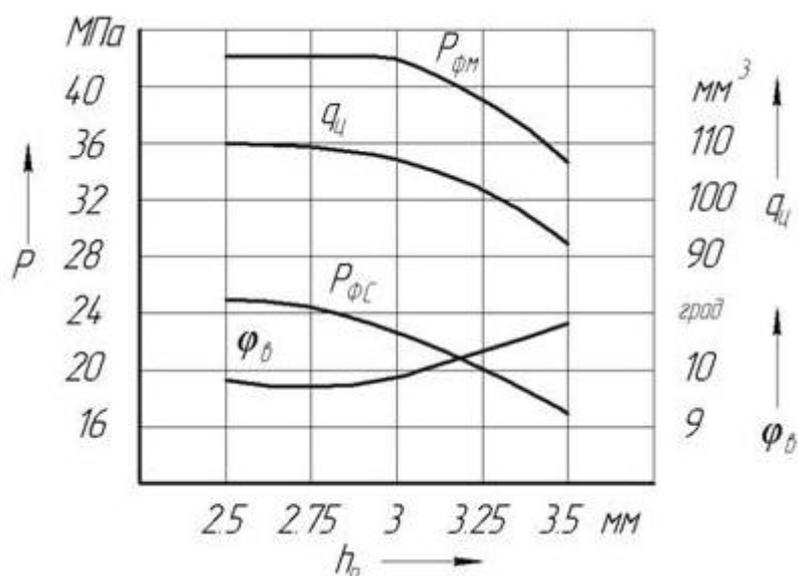


Рис. 1. Зависимость параметров процесса впрыска топлива от хода рейки

К числу основных конструктивных параметров форсунки, определяющих гидродинамику процесса впрыскивания, следует отнести давление начала подъема иглы  $P_{фо}$ , диаметр иглы  $d$ , эффективное проходное сечение распылителя  $\mu F$ , массу подвижных деталей форсунки  $m_{под}$  и жесткость пружины  $\delta_{пр}$ .

Оптимальное значение  $P_{фо}$  выбирается с учетом качественного распыливания топлива, долговечности запорного конуса иглы, отсутствия прорыва газов в полость распылителя.

На рисунке 2 показано влияние  $P_{фо}$  на изменение цикловой подачи. При увеличении  $P_{фо}$  снижается подача топлива с малым ростом  $P_{фо}$  и  $P_{фс}$  и уменьшением  $\phi_0$ . Данный способ снижения цикловой подачи  $q_u$  путем увеличения  $P_{фо}$  является прогрессивным с точки зрения сохранения и повышения интенсивности впрыскивания. Но следует помнить, что при  $P_{фо}$  более 30 МПа снижается долговечность запорного конуса иглы и корпуса распылителя.

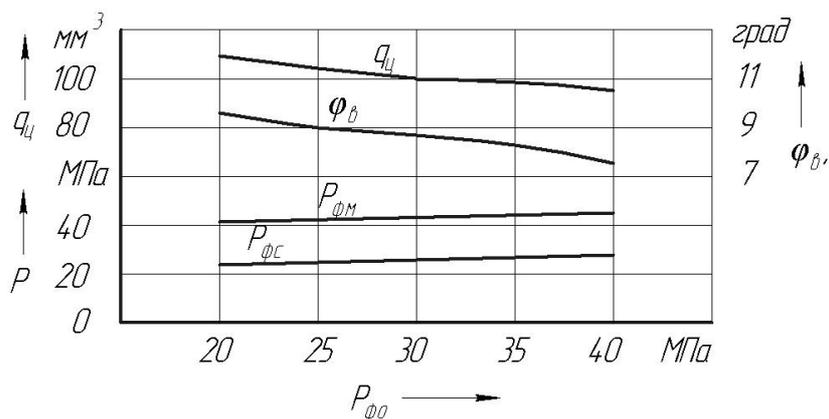


Рис. 2. Влияние давления начала подъема иглы на параметры процесса впрыска топлива

Особый интерес представляет [1] увеличение  $P_{фо}$  без изменения усилия на пружине и контактных напряжений в запорном конусе распылителя. Для получения интенсивного впрыскивания топлива необходимо к моменту открытия иглы

максимально повысить давление в камере распылителя. Давление начала подъема иглы определяется выражением

$$P_{фо} = \frac{F_n}{f_u - f_k}, \quad (1)$$

где  $F_n$  – сила сжатия пружины;  $f_i$  – площадь поперечного сечения иглы;  $f_k$  – площадь посадочного конуса иглы.

Из анализа выражения (1) следует, что при неизменной величине  $F_n$  значение  $P_{\text{фо}}$  можно увеличить путем уменьшения  $f_i$ .

На рисунке 3 показано влияние  $d_i$  и соответственно  $f_i$  на параметры процесса впрыскивания. При уменьшении  $d_i$  с 6 до 4,5 мм значение  $P_{\text{фо}}$  увеличилось с 19 до 50 МПа. При этом снизилась цикловая подача и повысилась интенсивность процесса

впрыскивания. Значение усилия на пружине оставалось постоянным и соответствовало 340 Н.

Данный способ накопления энергии в полости форсунки является **наиболее перспективным**, особенно для двигателей, форсированных по мощности. Снижение диаметра иглы не только интенсифицирует топливоподачу, но и увеличивает давление  $P_n$ , при котором происходит посадка иглы на седло.

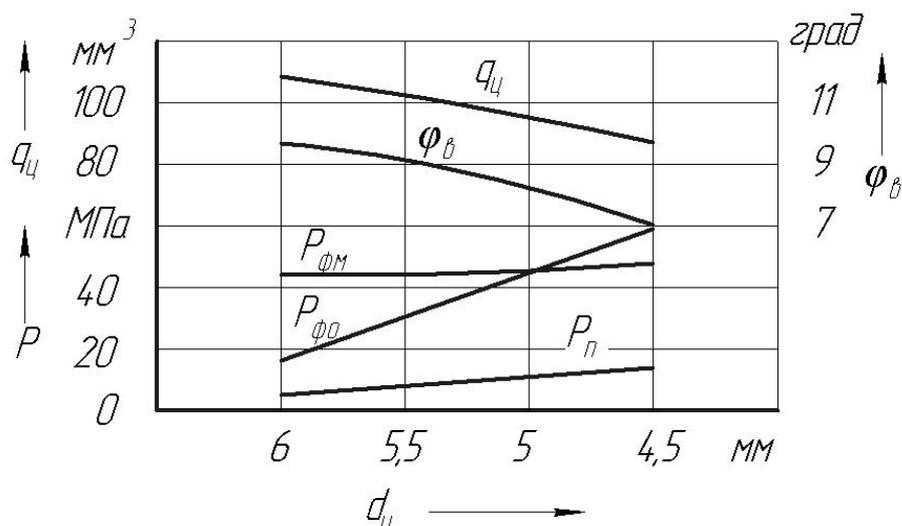


Рис. 3. Зависимость параметров процесса впрыска топлива от диаметра иглы

Значительное влияние на процесс топливоподачи оказывает изменение эффективного проходного сечения распылителя  $\mu F$ . Так, при снижении  $\mu F$  с 0,3 до 0,2  $\text{мм}^2$  среднее давление в каналах форсунки возрастает с 25 до 29 МПа, но увеличивается продолжительность впрыскивания с 9,5 до 10 град. При этом цикловая подача уменьшается со 110 до 90  $\text{мм}^3$ .

Для перспективных дизелей требуются достаточно высокие объемные скорости и средние давления впрыскивания, соответствующие максимальному давлению впрыскивания до 100 МПа и более. Для снижения нагрузок на детали топливной аппаратуры необходимо стремиться к сближению максимального и среднего давлений впрыскивания, приближая форму характеристики впрыскивания на номинальном и близких к нему режимах к П – образной форме [1].

На рисунке 4 показаны расчетные зависимости характеристик впрыска серийной и опытной системы питания дизеля 8СНВ13/15. Насос высокого давления имел тангенциаль-

ный профиль кулачка с ходом и диаметром плунжера 10 мм при номинальной частоте вращения 1000  $\text{мин}^{-1}$  и цикловой подачей 150  $\text{мм}^3$ . Исследования проводились с целью определения совместного влияния конструктивных параметров насоса высокого давления и форсунки на протекание процесса впрыскивания топлива, а также повышения интенсификации и получение прямоугольной характеристики впрыскивания как наиболее перспективной.

Из анализа рисунка 4 следует, что опытная система обеспечивает меньшую продолжительность впрыскивания и прямоугольную характеристику впрыскивания. Система топливоподачи с механическим управлением простая в конструктивном исполнении, надежна и долговечна. Ее применение, с оптимальной настройкой на определенный режим, целесообразно для дизель-генераторных установок, судовых и тепловозных двигателей.

Основным недостатком форсунок с гидромеханическим управлением является неизменность (не управляемость) характеристики

подачи топлива на конкретном режиме работы двигателя. Механическое управление не позволяет изменить форму характеристики впрыскивания, разбить ее на требуемые участки.

В таблице 1 приведены конструктивные и регулировочные параметры серийной и опытной топливной аппаратуры.

Таблица 1- Конструктивные и регулировочные параметры серийной и опытной топливной аппаратуры.

Параметры	$P_{\text{фо}}$ , МПа	$\mu F_2$ , мм <sup>2</sup>	$d_{\text{и}}$ , мм	$V_{\text{шз}}$ , см <sup>3</sup>	$m_{\text{под}}$ , г	$\delta_{\text{пр}}$ , Н/мм
Серийная ТА	18	0,3	6	2,3	30	200
Опытная ТА	38	0,4	5	1	15	300

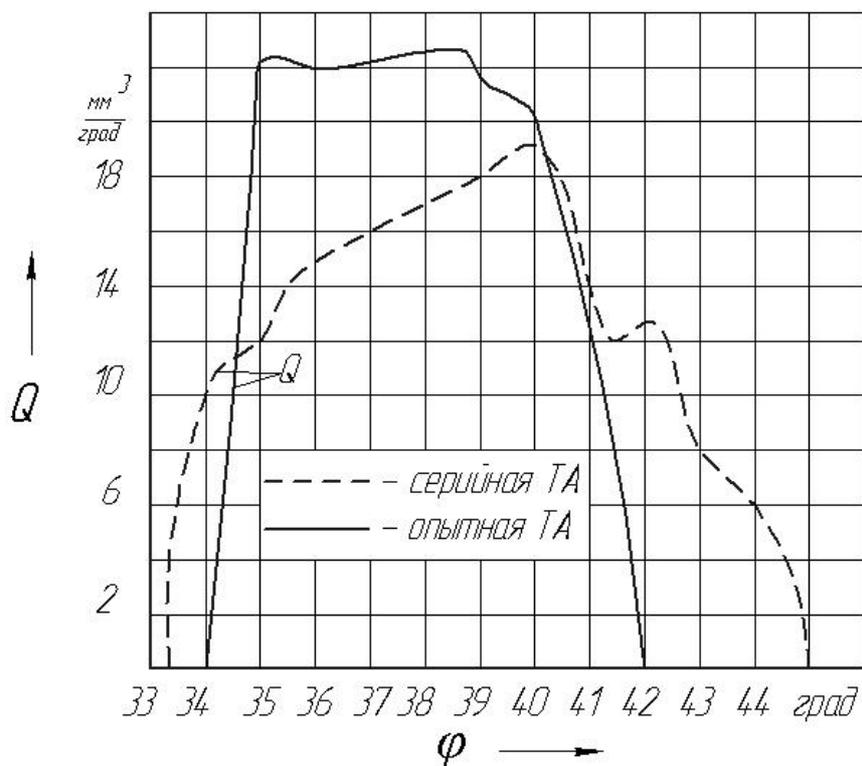


Рис. 4. Характеристики процесса впрыска топлива при серийной и опытной комплектации аппаратуры

Применение форсунок с электронным управлением позволяет получать характеристики различной формы – ступенчатой и многофазной [2,3]. Управление подачей топлива позволяет снизить расход топлива, шум двигателя и токсичность отработавших газов.

На рисунке 5 приведена аккумуляторная система впрыска с электрогидравлическим управлением иглы распылителя форсунки (Common Rail).

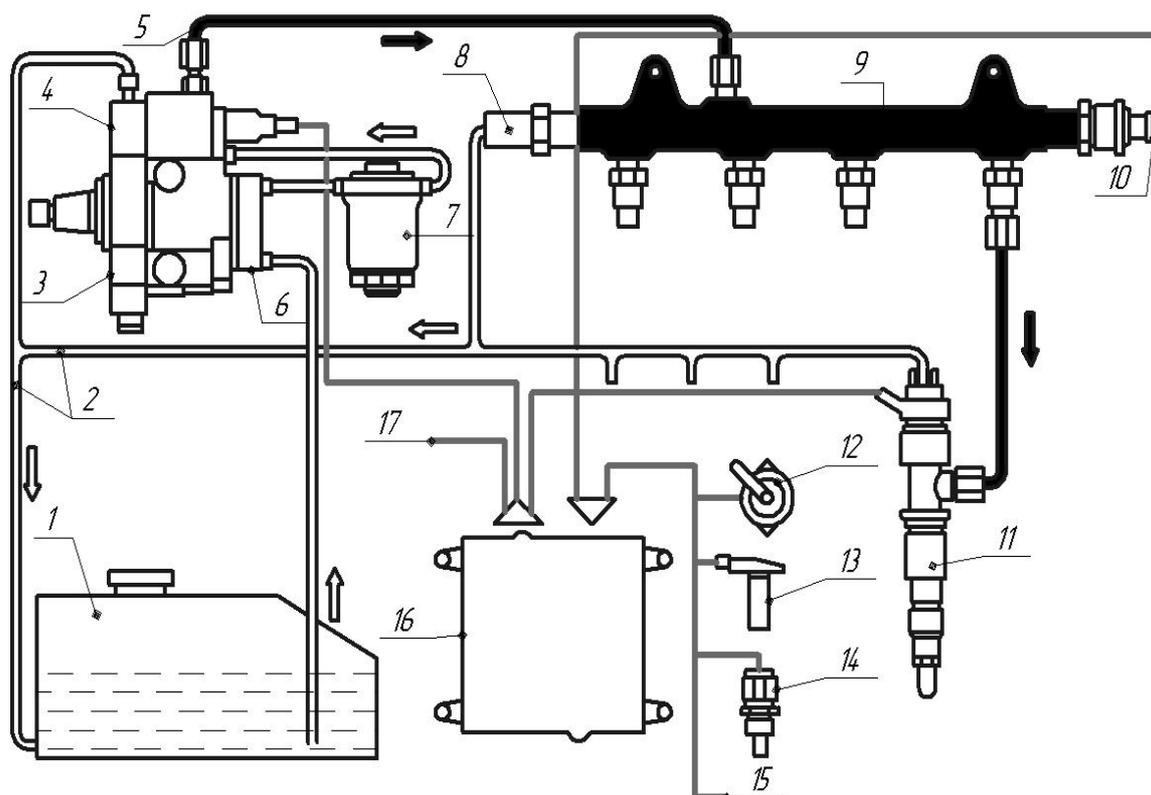


Рис. 5. Схема системы питания Common Rail дизельных двигателей:

1 – топливный бак; 2 – сливная магистраль; 3 – ТНВД; 4 – регулятор давления; 5 – топливопровод высокого давления; 6 – топливоподкачивающий насос; 7 – фильтр; 8 – предохранительный клапан; 9 – гидроаккумулятор; 10 – датчик давления; 11 – электрогидравлическая форсунка; 12 – датчик педали акселератора; 13 – датчик частоты вращения и положения коленчатого вала; 14 – датчик для измерения температуры; 15 – другие датчики; 16 – блок управления; 17 – другие исполнительные устройства

Система работает следующим образом. Из бака 1 топливо при помощи насоса низкого давления 6 подается через фильтр 7 в головку насоса высокого давления 3. Насос имеет три плунжера малого диаметра, расположенные радиально по окружности через  $120^\circ$ . Три рабочих хода каждого плунжера за один оборот позволяют обеспечить незначительную нагрузку на вал привода с эксцентриковыми кулачками. Величина создаваемого давления регулируется клапаном, открытие которого регулируется при помощи электромагнита, управляемого при помощи электронного блока 16.

На режиме холостого хода давление достигает 40 – 50 МПа, а на режиме номинальной мощности и близких к нему – 100 – 200 МПа. Давление, создаваемое насосом, по трубопроводу высокого давления 5 передается в

аккумулятор 9. Для уменьшения колебаний давления его объем рекомендуется более  $100 \text{ см}^3$ . Аккумулятор 9 и форсунка 11 соединены при помощи трубопровода высокого давления. Полость распылителя заполнена топливом под давлением, которое создается в аккумуляторе 9. Дополнительно топливо под давлением поступает через впускное отверстие в камеру управления иглой форсунки.

На рисунке 6 показаны различные формы дифференциальных характеристик подачи топлива. Для получения двухфазной подачи топлива желательно применение электрогидравлического управления движением иглы (рисунок 6, а и б). Для многофазных характеристик необходимы форсунки с быстродействующим пьезокварцевым управлением иглы (рисунок 6, в и г).

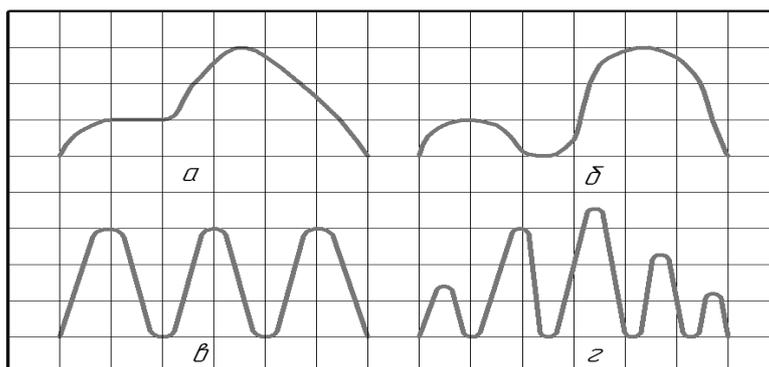


Рис. 6. Ступенчатая (а) и многофазные дифференциальные характеристики впрыска топлива

На рисунке 7 и 8 приведены принципиальные схемы форсунок с электрогидравлическим и пьезокварцевым управлением иглы.

Под действием пружины 2 (рис. 7.) якорь 3 находится в нижнем положении и конусом штока закрывает отсечное отверстие 4. Из

аккумулятора 12 с постоянным давлением, например, 100 МПа топливо поступает в подводящий канал 10 форсунки и через впускной канал 11 в камеру управления 13. Давление топлива во всех полостях форсунки выравнивается.

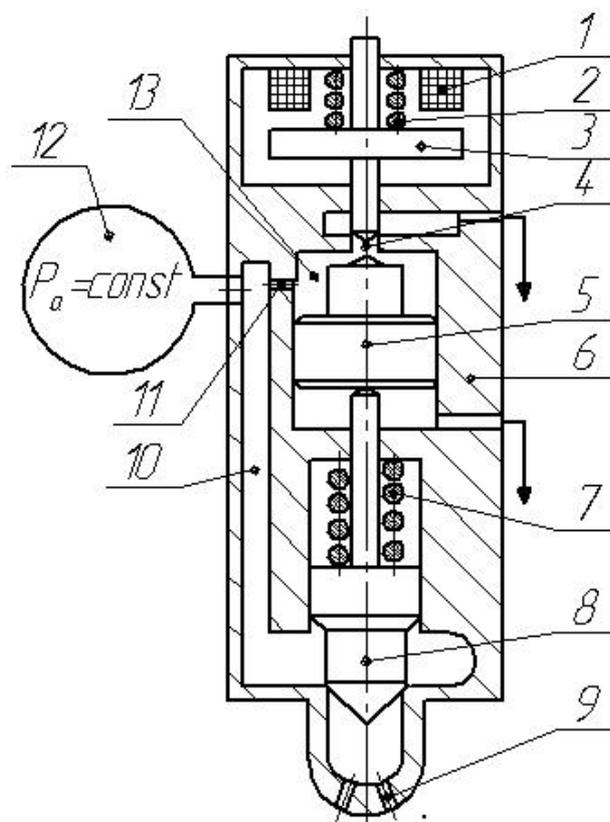


Рис. 7. Схема форсунки с электромагнитным управлением:

1 – электромагнит; 2, 7 – пружины; 3 – якорь с уплотняющим конусом; 4 – отсечное калиброванное отверстие (жиклёр); 5 – поршень; 6 – корпус форсунки; 8 – игла распылителя; 9 – сопловые отверстия; 10 – подводящий канал; 11 – впускное отверстие (жиклёр); 12 – аккумулятор; 13 – камера управления

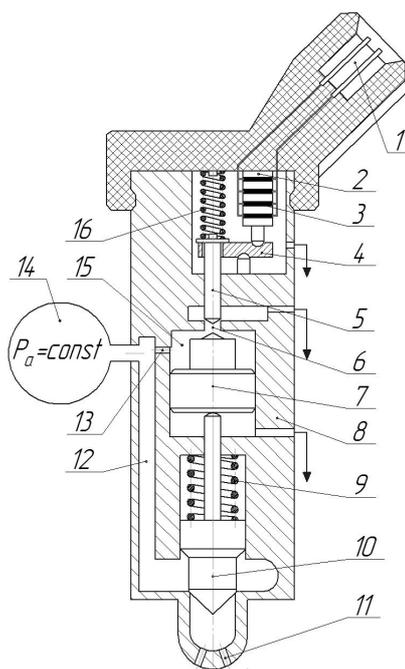


Рис. 8. Форсунка с пьезокварцевым управлением:

1 – разъем; 2 – пьезокварцевые пластинки; 3 – медные пластины; 4 – рычаг качающийся; 5 – шток с запорным конусом; 6 – сливное отверстие (жиклёр); 7 – шток управления; 8 – корпус форсунки; 9 – пружина; 10 – игла распылителя; 11 – сопловые отверстия; 12 – подводящий канал к распылителю; 13 – канал (жиклёр) подвода топлива в камеру управления; 14 – аккумулятор; 15 – камера управления; 16 – пружина

Так как площадь управляющего поршня 5 больше площади иглы, то сила со стороны поршня превышает силу со стороны иглы 8 и она находится в закрытом состоянии. Впрыск топлива в камеру сгорания не происходит. При подаче управляющего сигнала на обмотку электромагнита 1 якорь 3, преодолевая усилие пружины 2, движется вверх, открывая отсечное отверстие 4. Давление в камере управления 13 резко снижается, усилие со стороны иглы 8 будет превышать усилие со стороны поршня 5 и она будет двигаться вверх. Топливо из аккумулятора 12 поступает к сопловым отверстиям 9 и в распыленном виде подается в камеру сгорания. Напряжение питания обмотки 1 равно 6 вольтам. Для сопротивления катушки 0,3 Ома величина тока достигает 20 А.

Объемная подача топлива за впрыск зависит от величины давления в аккумуляторе 12 и продолжительности управляющего сигнала в обмотке электромагнита 1. Форсунка данного типа позволяет изменять угол опережения подачи топлива и форму характеристики впрыска.

На рисунке 9 показана зависимость величины цикловой подачи от продолжительности

впрыска в мс и в градусах от давления топлива в аккумуляторе.

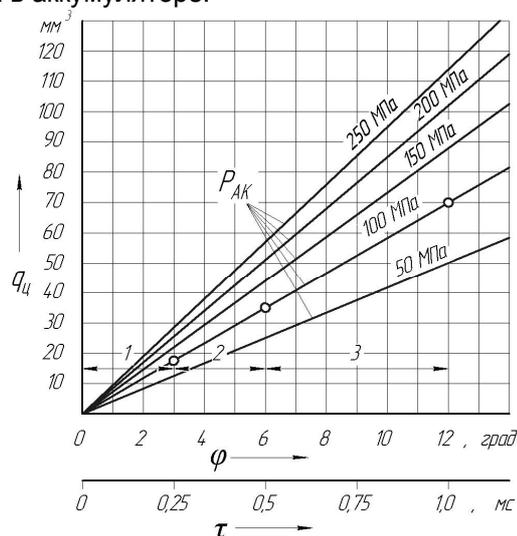


Рис. 9. Зависимость цикловой подачи топлива от давления в аккумуляторе и продолжительности впрыска ( $\mu F = 0,15 \text{ мм}^2$ ,  $n_c = 2000 \text{ мин}^{-1}$ )

Из анализа рисунка 9 следует, что требуемое количество топлива за цикл можно подать в камеру сгорания при различных давлениях в аккумуляторе и длительностью сигнала на катушке управления (продолжительность впрыска). Управлять интенсивностью и формой характеристики впрыска можно величиной давления в аккумуляторе, длительностью и паузами сигнала, поданного на катушку форсунки с электрогидравлическим управлением движения иглы распылителя. На рис. 9 по оси абсцисс номерами 1, 2, 3 показаны время первой фазы впрыска (0,25 мс) при давлении в аккумуляторе 100 МПа, время паузы 2 (0,25 мс) и время второй (основной) фазы впрыска 3 продолжительностью 0,5 мс.

При эффективном проходном сечении распылителя  $\mu F = 0,15 \text{ мм}^2$  и частоте циклов

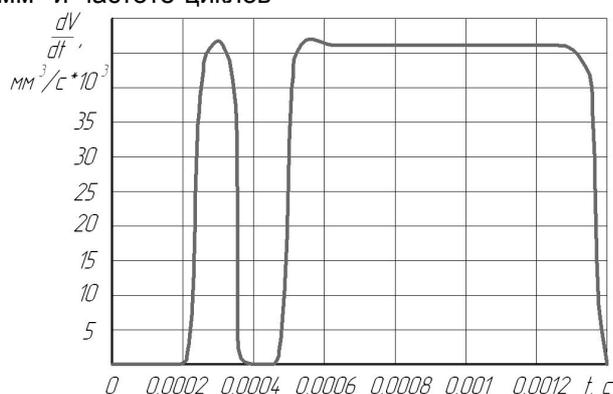


Рис. 10. Дифференциальная характеристика дополнительной (запальной) и основной подачи топлива

Высокое давление впрыскивания повышает объемную скорость подачи, улучшает распыливание топлива, уменьшает удельный расход топлива, снижает образование твердых частиц (сажи) в ОГ и обеспечивает получение высокой мощности двигателя. Однако характерная для этого процесса короткая продолжительность впрыскивания вызывает резкое повышение давления сгорания (жесткость), что приводит к высокой шумности работы двигателя, износу деталей КШМ и повышенной эмиссии оксидов азота в ОГ.

Оптимальные условия в камере сгорания создаются применением предварительного впрыскивания топлива. Впрыскивание небольшой дозы топлива (10 – 20 %) усиливает предварительный подогрев камеры сгорания и повышает интенсивное (турбулентное) движение в ней потока воздуха. Основная порция топлива при последующем впрыскивании сгорает с коротким периодом задержки самовоспламенения, меньшим шумом работы двигателя, и вредных компонентов ОГ.

впрыска топлива  $n_{\text{ц}} = 2000 \text{ мин}^{-1}$  для одного впрыска топлива продолжительностью 12 градусов (0,001 с) при  $P_{\text{ак}} = 100 \text{ МПа}$  теоретическая цикловая подача составит  $70 \text{ мм}^3$ . При двухфазном впрыске (пауза на участке 2) запальная порция (участок 1) составит  $18 \text{ мм}^3$ , а основная (участок 3)  $35 \text{ мм}^3$ . Общая подача топлива за цикл составит  $53 \text{ мм}^3$ .

На рисунке 10 приведена характеристика с запальной и основной подачей топлива (двухфазная характеристика) аккумуляторной системой с электромагнитным управлением иглы форсунки. Площадь под кривой в определенном масштабе представляет собой действительную подачу топлива за цикл (впрыск).

В настоящее время совместно с электромагнитным управлением иглой распылителя форсунки применяют пьезокварцевое управление (см. рис 8). При подаче высокого напряжения на столбик пьезокварцевых пластин его длина изменяется, что позволяет осуществлять несколько подъемов и посадок иглы форсунки за время подачи топлива в камеру сгорания.

Время срабатывания пьезоэлектрической форсунки – менее 0,0001 с. В ней используется пакет из нескольких сотен миниатюрных кристаллов, встроенных в корпус форсунки. Повышение быстродействия дает возможность уменьшить интервал между последовательными впрысками и повысить управляемость процесса впрыска и сгорания топлива. Принцип работы данной форсунки подобен действию форсунки с электромагнитным управлением.

#### Заключение

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы:

– интенсивность впрыскивания топлива с механическим управлением возрастает с увеличением давления начала подъема иглы, уменьшением диаметра иглы и проходного сечения распылителя;

– комплексная интенсификация процесса впрыскивания с механическим управлением позволяет повысить давление и получить П-образную характеристику впрыскивания для требуемой цикловой подачи топлива;

– для управления процессом подачи топлива необходимо использовать системы с регулируемым давлением в аккумуляторе и форсунки с электронным или пьезокварцевым управлением, позволяющие осуществлять несколько впрысков в процессе подачи топлива в камеру сгорания дизеля;

– предложен график зависимости цикловой подачи от продолжительности впрыска топлива для различных давлений в аккумуляторе.

### Библиографический список

1. Макушев Ю. П. Системы питания быстроходных дизелей: учебное пособие / Ю. П. Макушев. – Омск: Изд-во СИБАДИ, 2004. – 181 с.

2. Макушев Ю. П. Расчет систем и механизмов двигателей внутреннего сгорания математическими

методами / Ю. П. Макушев, Т. А. Полякова, Л. Ю. Михайлова, Филатов А. В.: учебное пособие. – Омск: СИБАДИ, 2011. – 284 с.

3. Системы управления дизельными двигателями. Перевод с немецкого. Первое русское издание. – М.: ЗАО «КЖИ За рулем», 2004. – 480 с.

### PROCESS CONTROL OF FUEL INJECTION IN DIESEL ENGINES

A. V. Philatov

The article shows that the comprehensive intensification with mechanically controlled injector allows to receive a U-shaped characteristics of fuel injection. For intensification and the fuel control system recommended systems with accumulation of high pressure and fuel delivery in batches using injectors with electronic and piezoelectric control.

*Филатов Алексей Владимирович – аспирант Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное направление научных исследований – совершенствование топливной аппаратуры дизелей путем интенсификации и управления процессом впрыска топлива. Имеет более 10 опубликованных работ. E-mail: hronus-fill@mail.ru*

УДК 681.5:621.22+625.76

## ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСНЫХ СИСТЕМ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

В. С. Щербаков, В. Н. Галдин

**Аннотация.** Приведены основные сведения о показателях гидравлических импульсных систем, применяемых для разработки различных грунтов.

**Ключевые слова:** гидравлическая импульсная система, моделирование.

### Введение

Гидравлическая импульсная система включает следующие основные функциональные элементы: источник питания (насос) базовой машины и гидроударное устройство, состоящее из энергетического блока, блока управления рабочим циклом и инструмента. В гидравлическом ударном устройстве энергия подводимой жидкости генерируется в импульсы силы определенной частоты и интенсивности, воздействующие на обрабатываемую среду.

Применение гидравлической импульсной техники позволяет выполнять разрушение и разработку мерзлого грунта, скальных пород и полотна дорог, проходку скважин в грунте, забивание и извлечение свайных элементов, уплотнение грунта.

Эффективность использования гидравлической импульсной системы зависит от большого числа факторов и свойств системы [1, 3]. Блок-схема рабочего процесса гидравлической импульсной системы представлена на рис. 1.

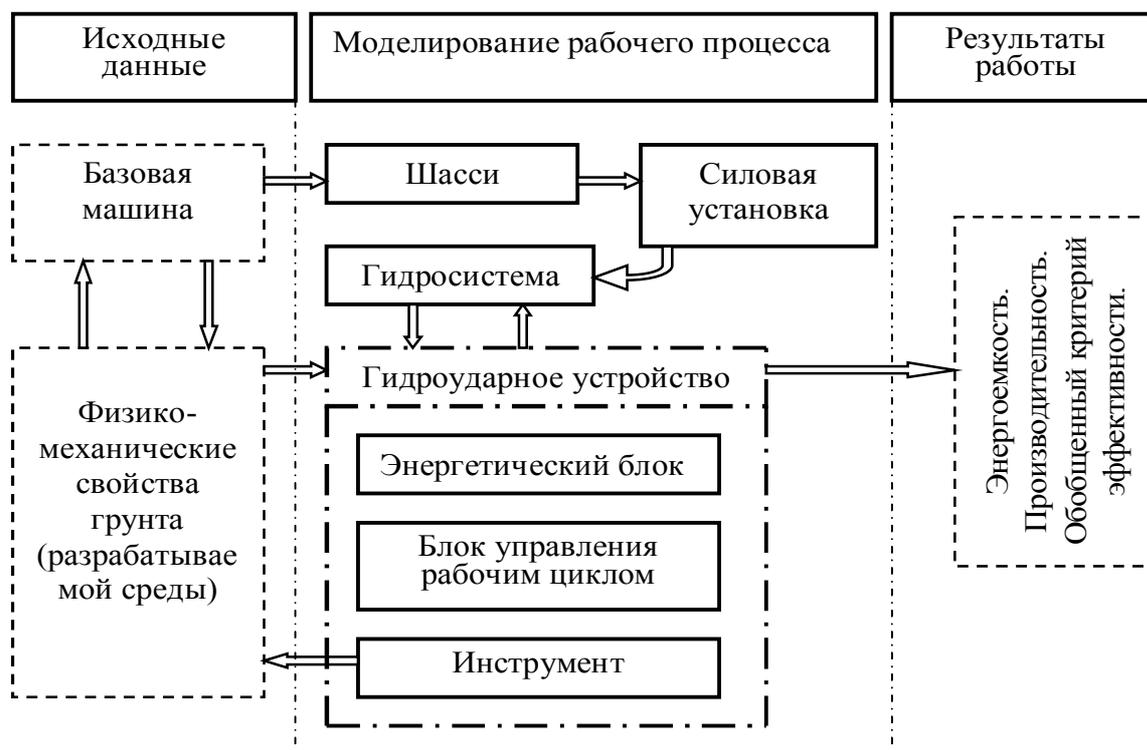


Рис. 1. Блок-схема рабочего процесса гидравлической импульсной системы

### Параметры гидравлической импульсной системы

Число параметров, описывающих гидравлическую импульсную систему, может быть весьма велико, но для полной ее характеристики достаточно установить круг наиболее существенных параметров.

Предположим, что задана математическая модель гидравлической импульсной системы и модель эта зависит от  $n$  параметров  $\alpha_1, \dots, \alpha_n$ . При этом понимается, что существуют формулы или готовые программы, позволяющие по заданному набору параметров  $\alpha_1, \dots, \alpha_n$  (проектных внутренних и внешних) вычислить любые интересующие нас характеристики системы.

Следует заметить, что в качестве параметров выбираются также коэффициенты и начальные условия дифференциальных уравнений.

Пространством параметров [2] называется  $n$ -мерное пространство, состоящее из точек  $A$  с координатами  $(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ . Таким образом, каждой точке  $A$  пространства параметров соответствует конкретный набор параметров  $(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$  и наоборот:

$$A = (\alpha_1, \dots, \alpha_n). \quad (1)$$

При этом указываются пределы изменения каждого из параметров, которые называются параметрическими ограничениями:

$$\alpha_i^* \leq \alpha_i \leq \alpha_i^{**}, \quad (i = 1, \dots, n). \quad (2)$$

Кроме параметрических ограничений включаются функциональные ограничения:

$$c_i^* \leq f_i(A) \leq c_i^{**}, \quad (i = 1, \dots, n), \quad (3)$$

где  $f_i(A)$  - некоторые функции от параметров  $A = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ .

Показатели гидравлической импульсной системы были разделены на структурные и параметрические, которые в свою очередь были разделены на три группы: фиксированные параметры, варьируемые параметры и параметры, носящие случайный характер (см. таблицу 1.).

Создана система автоматизированного моделирования гидравлических импульсных систем [4, 5], которая состоит из математической модели, аппаратных средств ЭВМ, набора алгоритмов и программ.

Рабочие окна определения основных параметров гидравлической импульсной системы приведены на рис. 2 – 3.

## ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Таблица 1 – Показатели гидравлической импульсной системы

Показатель	Наименование параметра
Структурные показатели	
Структурные параметры	количество рабочих камер гидроударного устройства (взводящей, сливной, пневмоаккумуляторной, управляющей и т.д.)
	расположение рабочих камер гидроударного устройства
	способ нанесения удара инструментом по разрабатываемой среде (с непосредственным ударом, через шабот, с опорным кронштейном, комбинированный и т.д.)
	форма и расположение блока управления рабочим циклом гидроударного устройства (внутри корпуса, снаружи и т.д.)
	количество энергоносителей (один – рабочая жидкость, два – газ и рабочая жидкость)
	тип инструмента (пика, клин, трамбующая плита)
	вытеснение рабочей жидкости в период рабочего хода непосредственно в сливную гидролинию
	вытеснение рабочей жидкости в период рабочего хода в освобождающуюся сливную полость
Параметрические показатели	
Фиксированные	мощность насосной станции (приводная) базовой машины (экскаватора)
	масса базовой машины (экскаватора) $m_э$
	номинальная подача насоса базовой машины (экскаватора)
	номинальное давление базовой машины (экскаватора)
	длины и диаметры напорной и сливной гидролиний
	вид и количество местных сопротивлений в гидролиниях
	физические свойства рабочей жидкости гидросистемы
	масса гидроударника $M$
	конструктивные параметры гидроударника
	конструктивные параметры пневмоаккумулятора
	коэффициент металлоемкости
Варьируемые	масса подвижных частей (бойка) $m$
	давление зарядки газа пневмоаккумулятора
	энергия единичного удара $T$
	частота ударов $f$
	эффективная (ударная) мощность $N_{уд}$
	энергия, развиваемая пневмоаккумулятором
	КПД
	ход бойка
	диаметр хвостовика инструмента
	длина бойка
Случайные	площадь контакта инструмента рабочего органа с грунтом
	физико-механические свойства грунта
	сила, возникающая в процессе удара
	время удара
	контактные напряжения на поверхности грунта
	сила отдачи

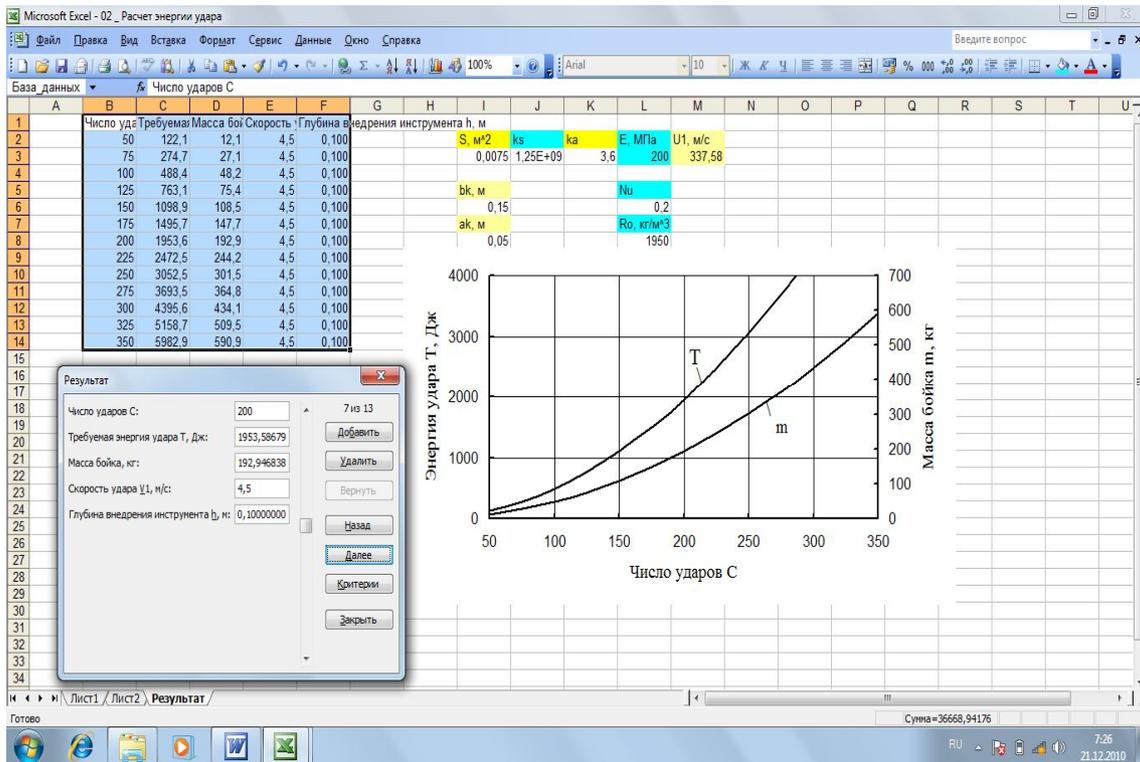


Рис. 2. Рабочее окно определения основных параметров гидравлической импульсной системы

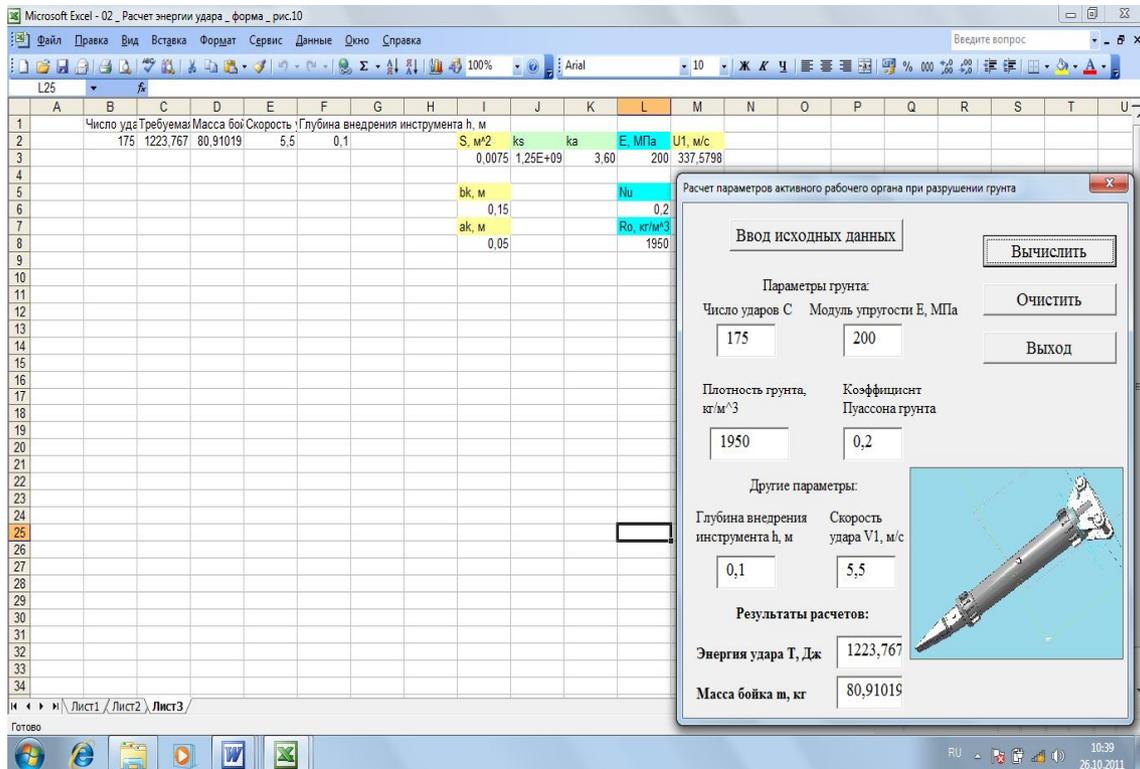


Рис. 3. Рабочее окно определения основных параметров гидравлической импульсной системы

### Заключение

Выявлены существенные показатели гидравлической импульсной системы, разделенные на структурные и параметрические, которые в свою очередь были разделены на три группы: фиксированные параметры, варьируемые параметры и параметры, носящие случайный характер.

При проектировании гидравлической импульсной системы чередуются поисковые, расчетные и иные процедуры, выполняемые ЭВМ, и творческие процедуры, связанные с принятием решений о приемлемости полученных результатов.

### Библиографический список

1. Алимов О. Д., Басов С. А. Гидравлические виброударные системы / О.Д.Алимов, С. А.Басов. – М.: Наука, 1990. – 352 с.
2. Соболев И. М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И. М. Соболев, Р. Б. Статников. – М.: Наука, 1986. – 48 с.
3. Теоретические основы создания гидроимпульсных систем ударных органов машин / А. С. Сагинов, И. А.Янцен, Д. Н. Ешуткин, Г. Г.Пивень. – Алма-Ата: Наука, 1985. – 256 с.
4. Щербаков В. С. Моделирование гидравлических импульсных систем / В. С. Щербаков, В. Н. Галдин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – Воронеж: ВГТУ, 2010. – Том 6, № 5. – С. 121 – 124.
5. Щербаков В. С. Моделирование активных рабочих органов для разрушения грунта / В. С.Щербаков, В. Н.Галдин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – Воронеж: ВГТУ, 2011. – Том 7, № 3. – С. 132 – 134.

### THE BASIC INDICATORS OF HYDRAULIC PULSE SYSTEM OF THE BUILDING MACHINERIES

V. S. Shcherbakov, V. N. Galdin

The basic data on indicators of appointment of the hydraulic pulse system applied to working out various grounds are resulted

*Щербаков Виталий Сергеевич – д-р техн. наук, профессор, декан факультета «Нефтегазовая и строительная техника» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное направление научных исследований - проектирование систем управления строительных и дорожных машин. Имеет более 275 опубликованных работ.*

*Галдин Владимир Николаевич – инженер, соискатель Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное направление научных исследований – автоматизированное проектирование систем. Имеет 33 опубликованные работы.*

## РАЗДЕЛ II

### СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

---

УДК 625.068.2

#### ПУТИ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Е. А. Вдовин, Л. Ф. Мавлиев, В. Ф. Строганов

***Аннотация.** Выполнен анализ исследований свойств укрепленных грунтов для строительства дорожных одежд. Сделаны выводы и поставлены задачи для дальнейших исследований укрепленных грунтов.*

***Ключевые слова:** укрепленные грунты, поверхностно-активные вещества, гидрофобизация.*

#### **Введение**

Развитие транспортной системы страны становится в настоящее время необходимым условием реализации инновационной модели экономического роста Российской Федерации и улучшения качества жизни населения. Несмотря на благоприятные тенденции в работе отдельных видов транспорта, транспортная система не в полной мере отвечает существующим потребностям и перспективам развития страны.

В настоящее время в Российской Федерации реализуется Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010-2015 годы)». После ее завершения должен быть обеспечен прирост количества сельских населенных пунктов, обеспеченных постоянной круглогодичной связью с сетью автомобильных дорог общего пользования по дорогам с твердым покрытием, на 2,3 тыс. единиц. Общая протяженность таких дорог составит около 4,4 тыс. км [1].

Однако в ряде регионов страны, в том числе и Республике Татарстан, отсутствуют запасы прочных каменных материалов, традиционно применяемых в строительстве автомобильных дорог с твердым покрытием. При реализации таких технологий возникает необходимость в перевозках щебня на большие расстояния, что увеличивает первоначальную его стоимость в 3-6 раз и является главной причиной значительного удорожания строительства. Наиболее перспективным направлением, при отсутствии прочных каменных материалов, с целью снижения стоимости и затрат строительства, на наш взгляд явля-

ется использование местных укрепленных материалов в конструкциях местных дорог. Для обоснования эффективности использования таких материалов следует провести анализ существующих методов укрепления грунтов и путей их совершенствования.

К наиболее важной задаче дорожного строительства относится обеспечение требуемой надежности и долговечности дороги и ее отдельных конструктивных элементов - земляного полотна, дорожной одежды, искусственных сооружений и т.д. В этой связи в последнее время совершенствуются технологии, которые позволяют переработать вторичные материалы и достичь высокого качества при производстве работ, а также разрабатываются новые дорожно-строительные материалы с улучшенными прочностными и деформативными характеристиками, что ведет к увеличению межремонтных сроков службы дорожной одежды и к сокращению затрат при ремонте и содержании дороги.

#### **Основная часть**

В настоящее время известно о технической и экономической эффективности устройства дорожных одежд со слоями из местных грунтов, укрепленных различными вяжущими. Многолетние обследования эксплуатируемых участков дорог с основаниями из укрепленных грунтов показывают, что такие материалы обладают высокими технико-экономическими и эксплуатационными качествами [2, 3].

Общим условием использования разнообразных местных материалов и их композиций является соответствие прочности сооружаемых из них слоев дорожной одежды механи-

ческим и физико-химическим воздействиям. Известно, что материалы, используемые для верхнего слоя, должны обеспечить ему повышенную прочность при истирании и раздавливании, повышенное сцепление между частицами и сопротивление на сдвиг от расчетных нагрузок, а материалы для устройства основания могут обладать более низкими показателями этих величин, но должны обеспечивать хорошее сопротивление многократному замораживанию и оттаиванию в условиях водонасыщения [2, 3].

При разработке методов укрепления грунтов основной задачей является получение строительного материала с заданными структурно-механическими свойствами, поэтому огромную роль приобретают процессы и технологии целенаправленного регулирования формирования структуры материала. Эти процессы и технологии основываются на применении научных принципов, разработанных в области физико-химической механики дисперсных структур по технологии строительных материалов и по изучению их структуры этих материалов [4, 7, 8].

Научной основой укрепления грунтов и, особенно глинистых грунтов, было и по-прежнему остается положение, сформулированное М.М. Филатовым [5] и развитое В.М. Безруком [4, 6], которое заключается в том, что при разработке любых методов укрепления грунтов в целях качественного изменения первоначальных их свойств всегда необходимо всесторонне учитывать свойства и особенности тонкодисперсной (глинисто-коллоидной) части грунта, а также емкость обмена и состав поглощающего комплекса, минералогический и химический составы и генетические признаки грунта.

Теоретические основы образования дисперсных систем и структур в них, физико-химическая механика дисперсных структур и твердых тел изложена в работах Ребиндера П.А. и сотрудников [7-10].

При практическом применении научных основ в разработках технологий и материалов необходимо учитывать важную особенность тонкодисперсных грунтов адсорбировать поверхностно-активные и другие вещества различного состава. Это позволяет регулировать и изменять в нужную сторону процессы формирования прочных пространственных структур, улучшать эффективность отдельных технологических операций путем ускорения или торможения процессов взаимодействия с вяжущими и повышать конечную прочность и другие свойства укрепленных грунтов [11-13].

Следует отметить огромный опыт и знания по методам укрепления грунтов с использованием различных добавок: органических (жидких битумов и каменноугольных дегтей) и неорганических (извести, портландцемента и др.) вяжущих материалов, которые используются более 50 лет в дорожном строительстве. С каждым годом расширялся диапазон используемых вяжущих материалов, так, дополнительно к вышеупомянутым органическим вяжущим широкое применение нашли битумные эмульсии, пасты и вспененные битумы, а ассортимент минеральных вяжущих пополнили активные золы уноса, тонкомолотые гранулированные шлаки, белитовые шламы (нефелиновые и бокситовые) и другие отходы промышленности, обладающие в большей или меньшей степени вяжущими свойствами.

Анализ результатов многолетних и многочисленных исследований является весьма трудной задачей, но тем не менее, он должен учитывать следующие основные аспекты проблемы:

- определение причин понижения и путей регулирования прочности дорожных одежд из укрепленных грунтов;

- изучение процессов происходящих при укреплении грунтов и создании структур, обуславливающих возможность укрепления с учетом генезиса и химико-минералогического состава грунтов.

При установлении пригодности того или иного вида грунта для укрепления вяжущими материалами необходимо учитывать и направленно использовать минералогический и химический составы укрепляемого грунта. При этом следует отметить, что изменение гранулометрического состава возможно, а иногда и выгодно с экономической стороны. Изменение же минералогического и химического составов укрепляемого грунта является практически невыполнимым требованием. Грунты, в особенности глинистые их разновидности представляют собой полидисперсные полиминеральные системы. Минеральный и химический составы грунтов оказывают значительное влияние не только на физические свойства и степень их устойчивости, но и на результаты укрепления [14].

Поскольку укрепляемые грунты в большинстве случаев представляют собой тонкодисперсные, полиминеральные многофазные системы, способные активно реагировать с продуктами гидролиза и гидратации цемента, то прочность цементогрунта при одинаковых добавках цемента, но разном вещественном составе и генезисе грунта, может быть весьма различной. Это полностью подтверждает по-

ложения о принципиальной возможности регулирования процессов структурообразования, устранения причин, вызывающих понижение прочности структуры и создания оптимальных условий и факторов, положительно влияющих на упрочнение структуры.

Учитывая условия и характер взаимодействия с цементом и другими вяжущими материалами, а также технологию производства работ и результаты по укреплению, все многообразие видов грунтов по их гранулометрическому составу принято разделять на две основные группы [4].

К первой группе горных пород относят крупнообломочные и мелкообломочные несвязные грунты, содержащие такое количество зернистых фракций, при котором образуется и сохраняется раздельно-зернистый несущий каркас при максимальном уплотнении. Он обладает большой устойчивостью, обусловливаемой наличием большого внутреннего трения и зацепления между частицами. Такие каркасные смеси воспринимают на себя нагрузку от движения автомобилей и с наибольшей эффективностью могут быть омоноличены с приданием им высокой прочности,

сдвигустойчивости и водонепроницаемости путем введения вяжущих веществ и мелких фракций, заполняющих пустоты между крупными и прочными частицами, представляющими обычно зерна кварца или обломки горных пород.

Ко второй группе грунтов горных пород относят суглинки и глины, так называемые связные грунты, не обладающие зернистым несущим каркасом. Промежуточное место занимают супесчаные грунты. Вторая группа грунтов характеризуется наличием связности; в ней отсутствует каркас из прочных и крупных частиц, но проявляется высокая физико-химическая и химическая активность.

Важное значение имеет правильная и обоснованная классификация материалов, получаемых на основе грунта и цемента или других вяжущих веществ с использованием физико-химического принципа образования структуры того или иного типа.

Процессы, происходящие при укреплении грунтов различными вяжущими и другими химическими реагентами весьма разнообразны, но следует выделить основные из них (рис. 1.).

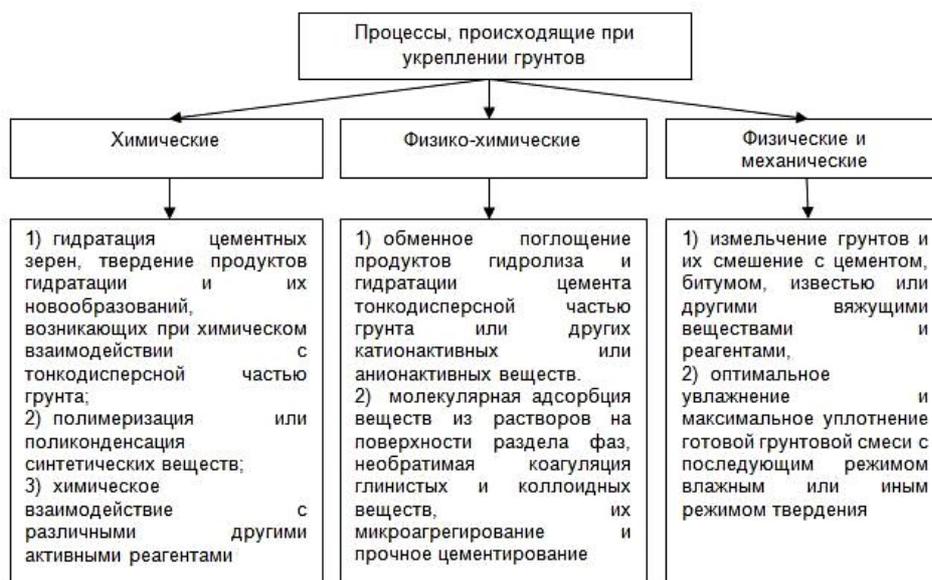


Рис. 1. Процессы, происходящие при укреплении грунтов вяжущими и химическими реагентами

Большое разнообразие веществ, применяемых для укрепления грунтов самого различного генезиса и химико-минералогического состава [6], привело к необходимости выде-

ления трех основных по типу контактов структур (коагуляционных, конденсационных и кристаллизационных), изображенных на рисунке 2.

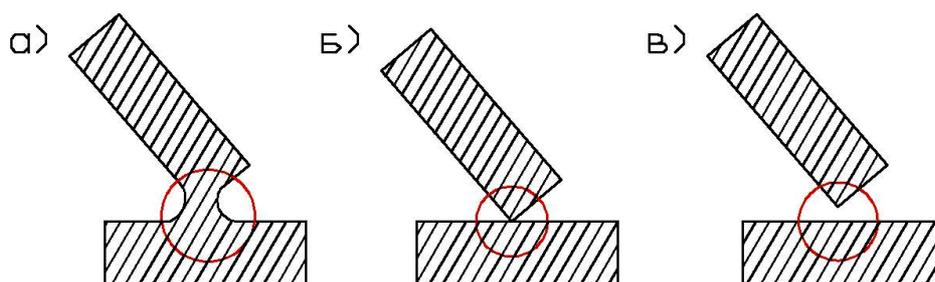


Рис.2. Типы контактов: а) кристаллизационный; б) конденсационный; в) коагуляционный

Кристаллизационные структуры возникают в результате срастивания кристалликов новой твердой фазы, возникающей из пересыщенных растворов, например, при гидратационном твердении минеральных вяжущих материалов [15, 16]. Характерной особенностью этих структур является то, что они в течение короткого времени (до начала схватывания гидратационных зерен цемента) развиваются на основе коагуляционных структур путем выкристаллизовывания из растворов вновь образовавшихся гидратов, срастающихся в прочный монолит в процессе своего роста и упрочнения с увеличением времени их твердения. Кристаллизационные структуры являются наиболее прочными и морозостойкими по сравнению с другими типами структур.

Конденсационные структуры характеризуются тем, что они возникают при действии наибольших сил сцепления - химических. Такие структуры отличаются высокой механической прочностью, хрупкостью и характеризуются полным отсутствием тиксотропных свойств, характерных для коагуляционных структур.

Коагуляционные структуры характеризуются тем, что частицы дисперсной фазы об-

разуют беспорядочную пространственную сетку. Возникновение отдельных коагуляционных связей (контактов сцепления), происходящих под влиянием относительно слабых вандерваальсовых сил, осуществляется через тонкую прослойку жидкой фазы - дисперсионной среды. Это определяет особенности и свойства пространственных структур такого типа.

Многие исследователи при изучении структурно-механических свойств укрепленных грунтов разнообразного состава отмечают в них наличие структур смешанного типа - коагуляционно-конденсационных, конденсационно-кристаллизационных и других.

Обобщая многолетний отечественный и зарубежный практический опыт применения укрепленных грунтов, можно сделать вывод о том, что грунты, укрепленные только одним вяжущим, характеризуются большим набором отрицательных свойств, значительно снижающих срок службы конструктивного слоя. С позиции строительного материаловедения взаимосвязь «состав – структура – свойства» может быть представлен следующим образом (табл. 1.):

Таблица 1 – Взаимосвязь состава, структуры и свойств укрепленных грунтов

Вяжущее	Структура	Свойства	
		Положительные	Отрицательные
Минеральное вяжущее	Кристаллизационная	Высокая прочность, морозостойкость	Жесткость, трещинообразование
Синтетические смолы	Конденсационная	Высокая прочность	Низкая водо- и морозоустойчивость, хрупкость
Органическое вяжущее	Коагуляционная	Трещиностойкость	Повышенная деформативность, колееобразование

Новый этап в развитии технологий укрепления грунтов начат с изучения действия и синтеза различных поверхностно-активных веществ (ПАВ), например, для улучшения свойств глинистых грунтов достаточно эффек-

тивно использованы гидрофобные поверхностно-активные вещества. Адсорбируясь на разных поверхностях раздела, они образуют тончайшие слои, резко изменяющие молекулярную природу и свойства грунтовых по-

верхностей, в частности, их взаимодействие с влагой. Малыми добавками ПАВ можно изменить протекающие физико-химические процессы и условия взаимодействия грунта с вяжущими. Кроме того, добавки некоторых поверхностно-активных веществ могут повышать устойчивость дисперсных систем, в том числе и глинистых грунтов. Они могут резко усиливать или ослаблять прилипание друг к другу твердых поверхностей, уменьшать трение или вызывать повышенную адгезию вяжущих. Особенно большая роль принадлежит ПАВ в процессах получения новых материалов с заданными свойствами из материалов с сильно развитой удельной поверхностью (например, глинистых грунтов). Основное свойство поверхностно-активных веществ заключается в их способности надежно и прочно связываться с поверхностями тел, адсорбироваться на этих поверхностях, покрывая их мономолекулярным слоем [4].

Механизм взаимодействия поверхностно-активных веществ с поверхностью тел объясняется следующим образом [7, 8]. Молекулы поверхностно-активных веществ состоят из двух противоположных по своей природе частей. На одном конце молекулы находится полярные гидрофильные группы (ОН, СОН, СООН, NH<sub>2</sub>), которые способны к активным молекулярным взаимодействиям, а поэтому хорошо растворимы в воде. Вторая часть молекулы - гидрофобная, образована одной или несколькими относительно длинными углеводородными цепочками, не способными к гидратации и нерастворимыми в воде. Своей гидрофильной частью молекула гидрофобизатора прикрепляется к адсорбированной на поверхности мономинеральной частицы пленки влаги, а углеводородной цепочкой прочно соединяется с молекулами вяжущего вещества (цемента, битума). Гидрофобная пленка не допускает молекулы воды к местам контакта минеральных частиц. Кроме того, обволакивая стенки грунтовых капилляров, она способствует образованию в них менисков обратной кривизны, которые препятствуют перемещению капиллярной и гравитационной влаги. По данным ряда авторов эффект гидрофобизации должен увеличиваться вместе с увеличением содержания глинистых частиц и повышением в них количества минералов монтмориллонитовой группы [17].

Другим направлением в модификации свойств грунтов является применение полимеров различных классов. Например, в работах Союздорнии [5, 16] отмечается, что, если тонким порам цементогрунта придать гидро-

фобность, прочность его будет стабильной и долговечной. Для этих целей с успехом использован широкий спектр полимеров, содержащих различные полярные группы, которые обеспечивают высокую степень гидрофобности, а, следовательно, морозоустойчивости, прочности и долговечности цементогрунта [19]. Полярные группы ориентированы в сторону субстрата (минеральной части), а неполярные углеводородные цепочки ориентированы в сторону окружающей среды, обеспечивая гидрофобность поверхности. Механизм взаимодействия некоторых полимеров (фурфуроланилиновых и карбамидных смолы, производных полиакриламида) изучался Б. М. Гуменским [20], которым установлено, что при обработке бентонитовой глины полимерами наблюдается уменьшение ее емкости обмена. У каолиновой глины в результате обработки ее полимерами также наблюдается снижение емкости обмена.

В связи с тем, что при укреплении глинистых грунтов в физико-химическое взаимодействие с цементом вступает главным образом тонкодисперсная, глинисто-коллоидная часть грунта, то формирование структуры цементогрунта при прочих равных условиях зависит от ее химической активности. Известно, что химическая активность тонкодисперсной части грунта зависит от количества глинистых минералов и от их минералогического состава. При одинаковом количественном содержании глинистых минералов химическая активность грунта определяется минералогическим составом тонкодисперсной его части. Учитывая, что глинистые минералы, слагающие тонкодисперсную часть грунта, отрицательно влияют на процессы структурообразования цементогрунта, можно целенаправленно изменять свойства укрепляемых грунтов путем введения в них химических веществ, способных нейтрализовать это влияние глинистых минералов, входящих в состав грунта.

Важно отметить, что при разработке комплексных методов укрепления грунтов необходимо учитывать также и наличие в грунтах минералов, способствующих формированию прочной структуры цементогрунта, таких, как дисперсный кварц, кальцит.

### **Заключение**

Исходя из рассматриваемых выше аспектов регулирования свойств есть основания предполагать, что «вредное» влияние гидрофильных глинистых минералов на процессы структурообразования цементогрунта и других видов укрепленных грунтов может быть существенно уменьшено путем применения для

укрепления глинистых грунтов добавок органических структурообразующих веществ, способствующих микроагрегированию и гидрофобизации глинисто-коллоидных частиц в результате их химического и физико-химического взаимодействия с тонкодисперсной частью грунта [4].

В результате анализа нами определены процессы, происходящие при укреплении грунтов, которые заключаются в следующем:

- химические;
- физико-химические;
- физические и механические.

Также выделены структуры, формирующиеся в результате данных процессов, образование которых обуславливает сочетание положительных и отрицательных свойств:

- кристаллизационные;
- конденсационные;
- коагуляционные.

Таким образом, изложенный материал позволяет сделать вывод об эффективности использования местных укрепленных грунтов для разработки технологии устройства дорожных одежд.

Выполненный анализ позволяет сформулировать основные задачи в исследовании путей улучшения и модификации свойств укрепленных грунтов:

- 1) исследование строительно-технических и физико-химических свойств грунтов, укрепленных цементом, с добавками гидрофобизирующих веществ;
- 2) исследование строительно-технических и физико-химических свойств грунтов, укрепленных цементом, с добавками твердых наполнителей, в том числе активированных;
- 3) возможность комплексной модификации грунтов, укрепленных цементом, с применением гидрофобизирующих веществ совместно с твердым (активированным) наполнителем, исследование свойств полученного композиционного материала.

### Библиографический список

1. Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010-2015 годы)», М., 2010 г. - 369 с.
2. Славуцкий А. К. Автомобильные дороги: Одежды из местных материалов. М.: Транспорт, 1987. 255 с.
3. Могилевич В. М. Дорожные одежды из цементогрунта / В.М. Могилевич, Р.П. Щербакова, О.В. Тюменцева. - М.: Транспорт, 1973. - 216 с.
4. Безрук В. М. Укрепление грунтов в дорожном и аэродромном строительстве. М.: Транспорт, 1971. 247 с.

5. Филатов М. М. Основы дорожного грунтоведения. М.: Гострансиздат, 1936. 233 с.

6. Безрук В. М. Укрепленные грунты. М.: Транспорт, 1965. 202 с.

7. Ребиндер П. А. Проблемы образования дисперсных систем и структур в этих системах; физико-химическая механика дисперсных структур и твердых тел. М.: МГУ, 1968. 231 с.

8. Ребиндер П. А. Физико-химическая механика дисперсных структур. М.: Наука, 1966. 315 с.

9. Ребиндер П. А., Серб-Сербина Н.Н. Придание грунтам водонепроницаемости и механической прочности. Л.: Академия наук СССР, 1942. 267 с.

10. Ребиндер П. А. Поверхностные явления в дисперсных системах. М.: Наука, 1978. 301 с.

11. Линцер А. В. Основы индустриального применения укрепленных грунтов в дорожном строительстве // Дис. на соис. степ. д-ра техн. наук. Тюмень, 1983.

12. Сиротюк В. В. Исследование технологии строительства дорожных оснований из грунтов, укрепленных цементом и золой уноса // Дис. на соис. степ. канд. техн. наук. Омск, 1978.

13. Медведев Н. В. Использование гранулированных укрепленных связных грунтов для повышения работоспособности оснований дорожных одежд // Дис. на соис. степ. канд. техн. наук. М., 1990.

14. Безрук В. М. Укрепленные грунты (Свойства и применение в дорожном и аэродромном строительстве). М.: Транспорт, 1982. 231 с.

15. Волженский А. В. Минеральные вяжущие вещества. М.: Высш. шк., 1966. 223 с.

16. Горчаков Г. И., Баженов Ю.М. Строительные материалы. М.: Высш. шк., 1966. 343 с.

17. Гуменский Б. М. Основы физико-химии глинистых грунтов и их использование в строительстве. М.: Стройиздат, 1965. 212 с.

18. Безрук В. М., Ястребова Л. Н., Любимова Т.Ю. Современные методы строительства дорожных оснований и покрытий из грунтов, укрепленных цементом, известью, битумом, дегтем. М.: Авто-трансиздат, 1960. 164 с.

19. Марков Л. А. Улучшение свойств грунтов поверхностно-активными и структурообразующими веществами. М.: Автотрансиздат, 1963. 134 с.

20. Гуменский Б. М. Основы физикохимии глинистых грунтов и их использование в строительстве. М.: Стройиздат, 1965. 206 с.

### HOW TO IMPROVE THE CAPACITY OF SOILS FOR CONSTRUCTION OF ROAD PAVEMENTS

E. A. Vdovin, L. F. Mavliev, V. F. Stroganov

The analysis of researches of properties of reinforced soil for the construction of the road to rural roads. Conclusions are made and set goals for further research of reinforced soil.

*Вдовин Евгений Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, директор Института транспортных сооружений, заведующий кафедрой «Изыскания и проектирование автомобиль-*

ных дорог» Казанского государственного архитектурно-строительного университета. Основное направление научных исследований: укрепленные грунты и обработанные материалы. Общее количество публикаций: 58. E-mail: vdovin@kgasu.ru

Мавлиев Ленар Фидасович – аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета. Основное направление научных исследований: укрепленные грунты и обработанные материалы. Общее количество публикаций: 15. E-mail: mavliev-tp@yandex.ru

Строганов Виктор Федорович – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой «Химия и инженерная экология в строительстве» Казанского государственного архитектурно-строительного университета, почетный академик РААСН, академик Украинской технологической академии, заслуженный деятель науки Российской Федерации и Республики Татарстан. Основное направление научных исследований: физико-химия полимеров, разработка и технология полимерных композиционных материалов. Общее количество публикаций: 450. E-mail: svf08@mail.ru

УДК 539.3

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРУГИХ МАКРОХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАСЧЕТЕ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Г. Л. Горынин, А. Ф. Власко

**Аннотация.** Рассмотрен метод, позволяющий получать усредненные упругие характеристики периодических волокнистых композитов, используемых в строительных конструкциях, без введения каких-либо гипотез. Упругие макрохарактеристики вычисляются как интегралы функций, которые находятся путем решения семейства краевых задач на периодической ячейке.

**Ключевые слова:** волокнистый, композит, периодический, упругость, макрохарактеристики.

#### Введение

В конструкциях транспортных сооружений при их строительстве и реконструкции все более широкое применение находят волокнистые материалы, представляющие собой композиты, состоящие из однородного материала заполненного прочными волокнами. В данной работе рассматриваются волокнистые материалы, волокна в которых: прямолинейны и расположены параллельно друг другу. Механические свойства материала, в плоскости перпендикулярной волокнам, является 2-периодическими функциями. Плоскость, перпендикулярную волокнам, можно представить состоящей из множества одинаковых прямоугольников – ячеек. Численный расчет поля напряжений конструкции, произведённой из композитных материалов, тем трудозатратнее, чем меньше размер ячейки по сравнению с характерным размером конструкции, вплоть до полной невозможности решить задачу за разумное время. Это связано с тем, что поле

напряжений в таком материале будет представлять собой быстроменяющуюся функцию. Данная проблема решается с помощью замены в расчётах неоднородного материала однородным макроматериалом. Такой материал обладает упругими макрохарактеристиками – «средними» упругими характеристиками среды неоднородного материала, учитывающими все свойства этих сред и их взаимодействия. Вопрос получения таких макрохарактеристик в общем случае остается недостаточно изученным. Часто они получаются на основе введения некоторых гипотез о процессах упругого взаимодействия, протекающих в композитных материалах. В данной работе представлен метод вычисления макрохарактеристик, без введения каких либо гипотез, основанный на асимптотическом расщеплении пространственной задачи теории упругости. Единственное условие – размер периода физических свойств должен быть на порядок меньше размеров самой

конструкции [1]. В статье [2] приведено определение макрохарактеристик для 1-периодической среды. В статье [3] даны расчеты для 2-периодической среды, но рассчитываются не упругие константы, а коэффициенты теплопроводности. В данной работе представлено усреднение упругих модулей для 2-периодической среды.

**Основная часть**

Рассмотрим тело, материал которого образован связующим и волокнами, расположенными периодически в плоскости  $Oxy$  (рис.1), на которое действуют какие-либо нагрузки. Отношение размера периодической ячейки среды к характерному размеру тела является малым параметром:

$$\varepsilon = \frac{h}{L} \ll 1, \quad (1)$$

где  $h$  - размер ячейки,  $L$  - характерный размер тела. Внутри тела выполняется уравнение равновесия:

$$\frac{\partial \sigma_{\alpha x}}{\partial x} \varepsilon + \frac{\partial \sigma_{\alpha y}}{\partial y} \varepsilon + \frac{\partial \sigma_{\alpha z}}{\partial z} \varepsilon + F_{\alpha} = 0, \quad \alpha = \{x, y, z\}, \quad (2)$$

где  $F_{\alpha}$  - объемные силы, а  $\sigma_{\alpha\beta}$  - напряжения, определяющиеся по закону Гука для анизотропной среды:

$$\sigma_{\alpha\beta} = \sum_{\phi, \varphi \in \{x, y\}} E_{\alpha\beta\varphi\psi} \frac{\partial(u_{\phi})}{\partial\varphi} \varepsilon, \quad \alpha, \beta, \varphi, \psi \in \{x, y, z\}, \quad (3)$$

где  $E = [E_{\alpha\beta\varphi\psi}(\xi_x, \xi_y)]$  - тензор податливости, внутри каждой упругой среды он может непрерывно меняться, а на границах сред претерпевать скачки. В (2)-(3) переменные безразмерны:

$$x \leftrightarrow x/L, \quad y \leftrightarrow y/L, \quad z \leftrightarrow z/L, \quad u_{\alpha} \leftrightarrow u_{\alpha}/h, \quad E_{\alpha\beta\varphi\psi} \leftrightarrow E_{\alpha\beta\varphi\psi}/\bar{E}, \quad (4)$$

$$\sigma_{\alpha\beta} \leftrightarrow \frac{\sigma_{\alpha\beta}}{\bar{E}}, \quad q_{\alpha} \leftrightarrow \frac{q_{\alpha}}{\bar{E}}, \quad \bar{F}_{\alpha} = \frac{F_{\alpha}h}{\bar{E}}.$$

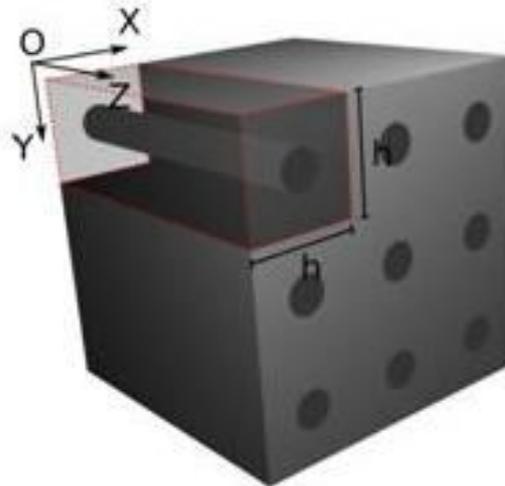


Рис. 1. Волокнистый материал

На границе перехода от одной упругой среды к другой должны быть непрерывны перемещения и контактные напряжения:

$$[\sigma_{\alpha n}] = 0, \quad [u_{\alpha}] = 0, \quad \alpha = \{x, y, z\}, \quad (5)$$

где  $\sigma_{\alpha n}$  - контактные напряжения, которые по определению вычисляются по следующей формуле

$$\sigma_{\alpha n} = \sigma_{\alpha x} n_x + \sigma_{\alpha y} n_y + \sigma_{\alpha z} n_z. \quad (6)$$

Быстро осциллирующее решение задачи теории упругости для такого материала можно представить в виде суммы произведений частных производных медленно меняющегося решения (в макроматериале) и быстро меняющихся периодических ячейковых функций [1]:

$$(\mathbf{u}_\alpha)^{(n)} = v_\alpha^{(n)} + \sum_{\eta_0 \in \{v_x, v_y, v_z\}} \sum_{k=1}^n \left( \sum_{k_x+k_y+k_z=k} (U_\beta^\eta)^{\bar{k}} \frac{\partial^k \eta_0^{(n)}}{\partial \mathbf{r}^{\bar{k}}} \varepsilon^k \right), \alpha \in \{x, y, z\}, \beta \in \{x, y\}; \quad (7)$$

$$(\sigma_{\alpha\beta})^{(n)} = \sum_{\eta_0 \in \{v_x, v_y, v_z\}} \sum_{k=1}^n \left( \sum_{k_x+k_y+k_z=k} (\tau_{\alpha\beta}^\eta)^{\bar{k}} \frac{\partial^k \eta_0^{(n)}}{\partial \mathbf{r}^{\bar{k}}} \varepsilon^k \right), \quad (8)$$

здесь  $n$  - номер асимптотического приближения,  $v_\alpha$  - решение для макроматериала,  $(U_\alpha^\eta)^{\bar{k}}$  - периодическая компонента решения (ячейковые перемещения),  $(\tau_{\alpha\beta}^\eta)^{\bar{k}}$  - ячейковые напряжения,  $\bar{k}$  - вектор, определяемый таким образом:

$$\begin{aligned} \bar{k} = (k_x, k_y, k_z) &= k_x \hat{y}_x + k_y \hat{y}_y + k_z \hat{y}_z, |\bar{k}| = k = k_x + k_y + k_z, \\ \partial \mathbf{r}^{\bar{k}} &= \partial x^{k_x} \partial y^{k_y} \partial z^{k_z}, k_\alpha \geq 0, k_\alpha \in Z \end{aligned} \quad (9)$$

Для определения макрохарактеристик необходимо найти периодическую компоненту решения.

В ячейке задается локальная система координат  $\xi_x, \xi_y \in [0,1]$ , координатные оси параллельны осям глобальной системы координат. Ячейковые перемещения определяются решением девяти краевых задач, для  $\theta, \lambda \in \{x, y, z\}$ :

$$\frac{\partial (\tau_{\alpha x}^{v_\theta})^{\bar{y}_\lambda}}{\partial \xi_x} + \frac{\partial (\tau_{\alpha y}^{v_\theta})^{\bar{y}_\lambda}}{\partial \xi_y} = 0, \alpha = \{x, y, z\}; \quad (10)$$

закон упругости на ячейке –

$$\begin{aligned} (\tau_{\alpha\beta}^{v_\theta})^{\bar{y}_\lambda} &= E_{\alpha\beta\theta\lambda} + \\ &+ \sum_{\phi, \varphi \in \{x, y\}} E_{\alpha\beta\phi\varphi} \frac{\partial (U_\phi^{v_\theta})^{\mu_\lambda}}{\partial \xi_\phi} + \sum_{\varphi \in \{x, y\}} E_{\alpha\beta z\varphi} \frac{\partial (U_z^{v_\theta})^{\mu_\lambda}}{\partial \xi_\varphi}; \end{aligned} \quad (11)$$

условия непрерывности ячейковых функций внутри ячейки на границе различных сред –

$$[(\tau_{\alpha n}^{v_\theta})^{\bar{y}_\lambda}] = 0, [(U_\alpha^{v_\theta})^{\bar{y}_\lambda}] = 0; \quad (12)$$

условие периодичности ячейковых функций –

$$\begin{aligned} (U_\alpha^{v_\theta})^{\bar{y}_\lambda}(\xi_x, \xi_y) \Big|_{\xi_\chi=0} &= (U_\alpha^{v_\theta})^{\bar{y}_\lambda}(\xi_x, \xi_y) \Big|_{\xi_\chi=1}, \\ (\tau_{\alpha\chi}^{v_\theta})^{\bar{y}_\lambda}(\xi_x, \xi_y) \Big|_{\xi_\chi=0} &= (\tau_{\alpha\chi}^{v_\theta})^{\bar{y}_\lambda}(\xi_x, \xi_y) \Big|_{\xi_\chi=1}, \chi \in \{x, y\}; \end{aligned} \quad (13)$$

условие нормировки решения –

$$\langle (U_\alpha^{v_\theta})^{\bar{y}_\lambda} \rangle = 0, \quad (14)$$

где  $\langle \_ \rangle$  - интеграл от какой-то величины по ячейковым переменным, взятый по всей ячейке, усреднение этой величины по ячейке:

$$\langle \_ \rangle = \int_0^1 \int_0^1 \_ d\xi_x d\xi_y. \quad (15)$$

Решением девяти краевых задач (10)-(13) являются восемнадцать ячейковых перемещений  $(U_\alpha^{v_\theta})^{\bar{y}_\lambda}(\xi_x, \xi_y)$ , однако не все они независимы, для них выполняются неравенства:

$$\begin{aligned} (U_\alpha^{v_\theta})^{\bar{y}_\lambda} &= (U_\alpha^{v_\theta})^{\bar{y}_\theta}, (\tau_{\alpha\beta}^{v_\theta})^{\bar{y}_\lambda} = \\ &= (\tau_{\alpha\beta}^{v_\lambda})^{\bar{y}_\theta}, \alpha, \beta, \lambda, \theta \in \{x, y, z\}. \end{aligned} \quad (16)$$

То есть, необходимо решить не девять, а шесть краевых задач (10)-(13).

Из решений краевых задач (10)-(13) вычисляются макрохарактеристики материала по формуле:

$$\begin{aligned} \tilde{E}_{ijkl} &= \langle E_{ijkl} \rangle + \\ &+ \left\langle \sum_{\phi, \varphi \in \{x, y\}} E_{ij\phi\varphi} \frac{\partial (U_\phi^{v_k})^{\bar{y}_i}}{\partial \xi_\phi} + \sum_{\varphi \in \{x, y\}} E_{ijz\varphi} \frac{\partial (U_z^{v_k})^{\bar{y}_i}}{\partial \xi_\varphi} \right\rangle, i, j, k, l \in \{x, y, z\}. \end{aligned} \quad (17)$$

### Расчеты и их анализ

**Цель:** продемонстрировать влияние формы поперечного сечения волокна на значения макрохарактеристик.

**Входные данные.** Композитный материал – бетон, армированный прямолинейными параллельными волокнами из стали. Модуль Юнга стали, в безразмерных величинах – 10, модуль Юнга для бетона - 1. Коэффициент Пуассона стали - 0.28, коэффициент Пуассона для бетона - 0.2. Формы поперечного сечения волокон четырех видов: квадратное, круглое, крестообразное, в виде кольца (волокно представляет собой трубку) (рис.2.).

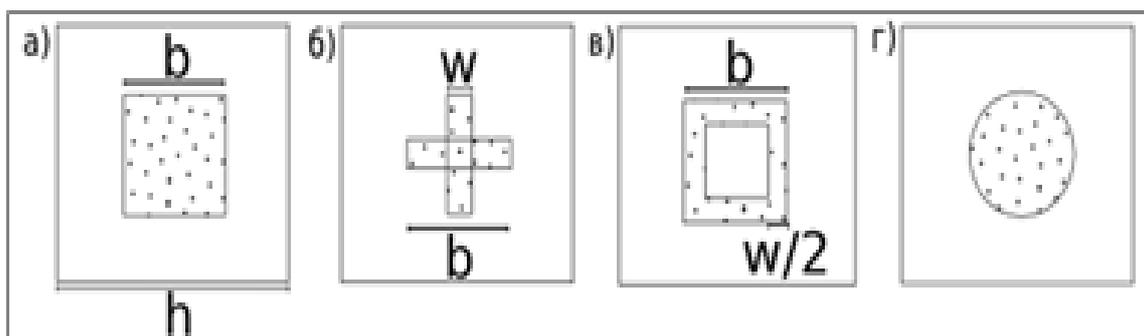


Рис. 2. Периодические ячейки с различными формами поперечных сечений арматурных волокон: а) квадрат, б) трубчатое сечение, в) крестовина, г) круг

**Результат.** Краевые задачи (2)-(5) на ячейке решались методом конечных элементов. Результаты интегрирования функций по ячейке представлены в виде графиков (рис.3)-(рис.8), на них отображена зависимость коэффициентов упругости от коэффициента армирования  $\theta$ . Коэффициент армирования – отношения площади сечения волокна к общей площади ячейки. На графиках изображены: модуль Юнга вдоль оси  $Ox$  -  $E_x$  (рис.3.) (вдоль оси  $Oy$  он будет таким же в силу сим-

метрии структуры ячейки), коэффициент Пуассона  $\nu_{zx} = -\varepsilon_z / \varepsilon_x$  ( $\varepsilon_z$  - деформация вдоль  $Oz$ ) (рис.4),  $\nu_{xz}$  (рис.5),  $\nu_{xy}$  (рис.6), модуль сдвига поперёк направления армирования  $\mu_{xz}$  (рис.7) и модуль сдвига в плоскости  $Oxy$  -  $\mu_{xy}$  (рис.8). Модуль Юнга вдоль  $Oz$ , практически совпадает с среднеарифметическим свойств сред, и не показан. Коэффициенты в безразмерных величинах.

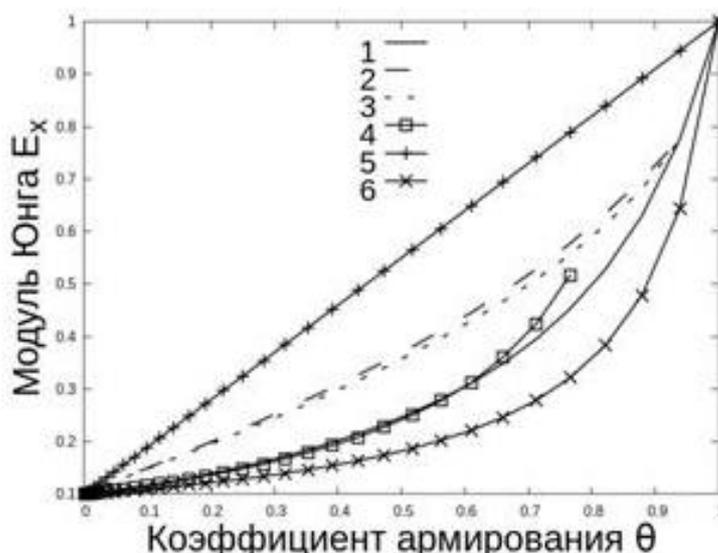


Рис. 3. Модуль Юнга  $E_x$ . Формы сечения:  
 1) квадрат, 2) трубка, 3) крестовина, 4) круг. Аналитические формулы  
 5) среднее гармоническое, 6) среднее

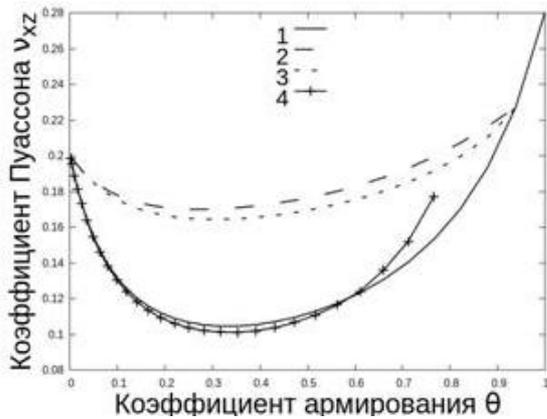


Рис. 4. Коэффициент Пуассона  $\nu_{xz}$ . Формы сечения: 1) квадрат, 2) трубка, 3) круг

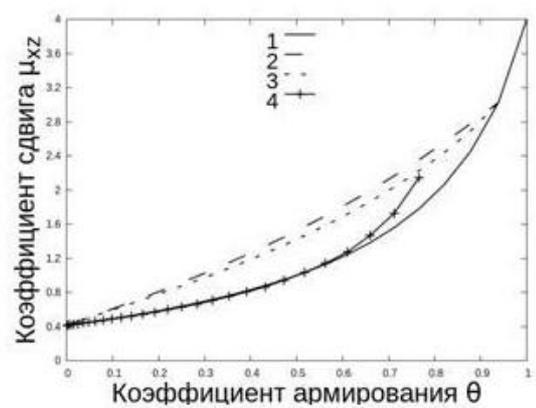


Рис. 7. Модуль сдвига  $\mu_{xz}$ . Формы сечения: 1) квадрат, 2) трубка, 3) крестовина, 4) круг

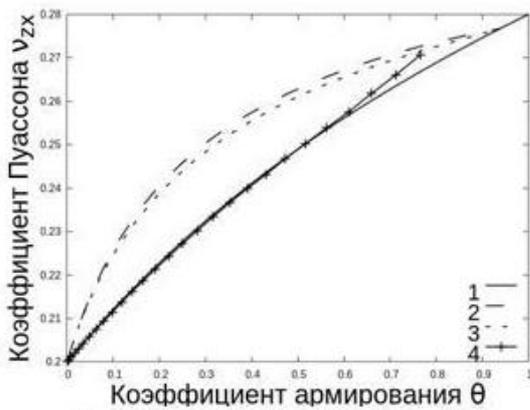


Рис. 5. Коэффициент Пуассона  $\nu_{zx}$ . Формы сечения: 1) квадрат, 2) трубка, 3) крестовина, 4) круг

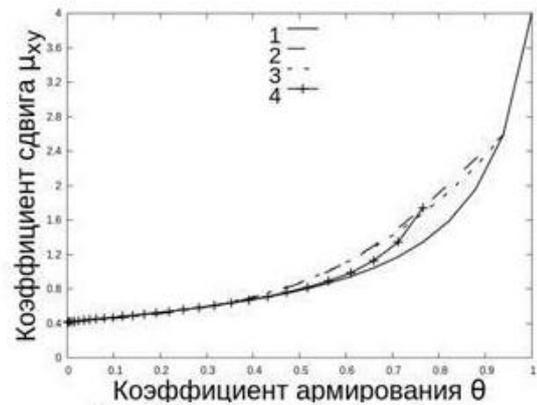


Рис. 8. Модуль сдвига  $\mu_{xy}$ . Формы сечения: 1) квадрат, 2) трубка, 3) крестовина, 4) круг

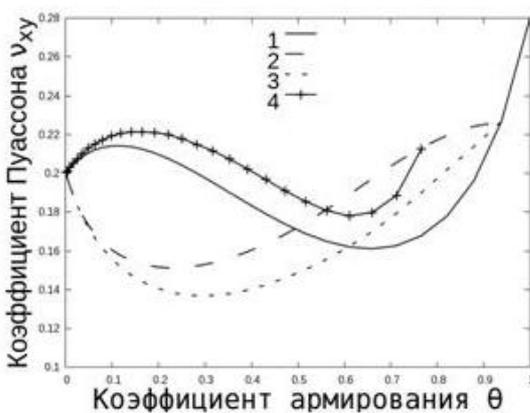


Рис. 6. Коэффициент Пуассона  $\nu_{xy}$ . Формы сечения: 1) квадрат, 2) трубка, 3) крестовина, 4) круг

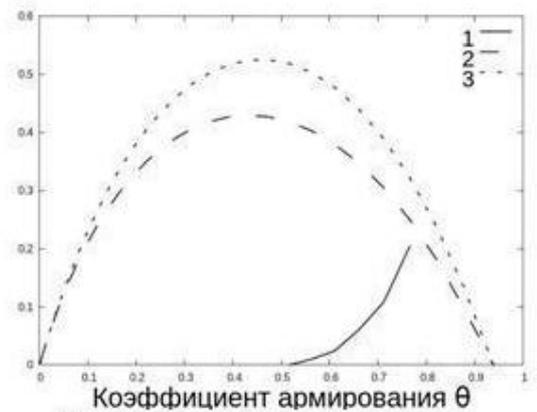


Рис. 9. Относительное отклонение модуля продольного сдвига разных форм сечений от квадратной формы. Формы сечения: 1) круг, 2) крестовина, 3) трубка

Как видно из графиков упругие макроконстанты существенно отличаются для сечений разной формы при одинаковом коэффициенте армирования. На (рис.9.) продемонстрировано относительное отклонение модуля продольного сдвига разных форм сечений от квадратной формы, при коэффициенте армирования, равном 0.5, отклонение достигает пятидесяти процентов.

В статье [4] В. А. Федорова представлены аналитические верхние и нижние оценки для продольного сдвига. Сравнение рассчитанных модулей продольного сдвига  $\mu_{xz}$  с этими оценками показало, что вычисленные макрохарактеристики укладываются в них (рис.10.)-(Рис.11.).

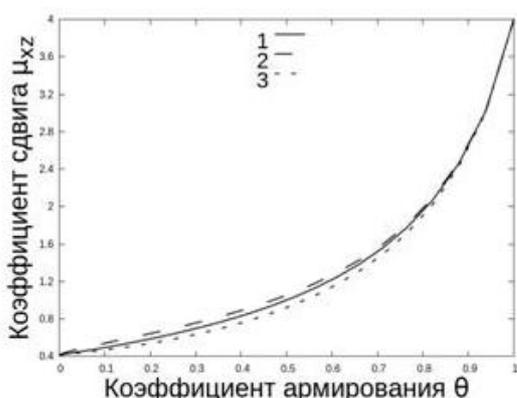


Рис. 10. Сравнение модуля продольного сдвига  $\mu_{xz}$  для квадратного сечения 1) с оценками Федорова: 2) верхняя  $\tilde{\mu}_{xz}^{(K)}$ , 3) нижняя  $\tilde{\mu}_{xz}^{(S)}$

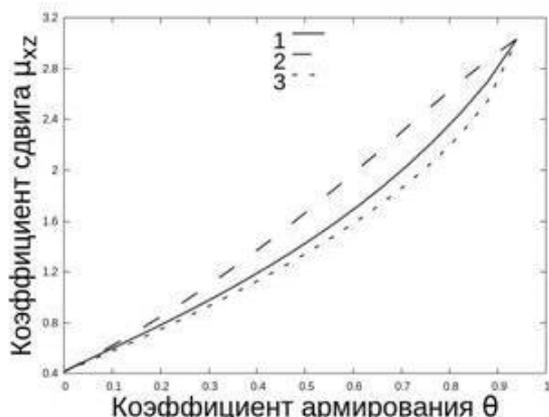


Рис. 11. Сравнение модуля продольного сдвига  $\mu_{xz}$  для крестообразного сечения 1) с оценками Федорова: 2) верхняя  $\tilde{\mu}_{xz}^{(K)}$ , 3) нижняя  $\tilde{\mu}_{xz}^{(S)}$

### Заключение

Отличие усреднённых характеристик волокнистого материала, в случае различных форм сечений, при одинаковых значениях коэффициента армирования, может достигать 50%. Следовательно, использование методов расчета усреднённых характеристик, не учитывающих эту форму или основанных на обобщённых моделях, сильно ограничено. Использование в производстве конкретной формы сечения волокна композита соотносительно с функцией конструкции, произведенной из него, может позволить усилить положительные качества конструкции, например прочность, ослабить отрицательные, например вес, и снизить себестоимость производства за счет использования меньшего объема материала волокна.

### Библиографический список

1. Горынин Г. Л., Немировский Ю. В. Метод асимптотического расщепления для упругой 3-периодической среды // Современные проблемы прикладной математики и механики: теория, эксперимент и практика [Электронный ресурс] / Международная конференция, посвященная 90-летию со дня рождения академика Н. Н. Яненко, Новосибирск, Россия, 30 мая – 4 июня 2011 г., Новосибирск, ИВТ СО РАН, 2011, № гос. регистрации – 0321101160.
2. Горынин Г. Л., Немировский Ю. В. Математическое моделирование упругих макрохарактеристик для 1-периодических сред // Известия алтайского государственного университета. – 2012. – №1/2(73). – С. 36–41.
3. Горынин Г. Л., Власко А. Ф. Математическое моделирование макрохарактеристик процесса теплопроводности для волокнистых материалов при расчете строительных конструкций на действие тепловых нагрузок // Вестник СибАДИ. – 2012. – №3(25). – С. 69–74.
4. Федоров В. А. Структурные модели продольного сдвига однонаправленных композитов симметричного строения // Механика композитных материалов. – 2012. – Т. 48, №3. – С. 381–400.

### MATHEMATICAL SIMULATION OF ELASTIC MACROCHARACTERISTICS FOR FIBROUS MATERIALS AT CALCULATION OF TRANSPORT FACILITIES CONSTRUCTION

G. L. Gorynin, A. F. Vlasko

The averaging method, allowing to receive averaged elastic characteristic for periodic fibrous materials used in building designs, without introducing any hypothesis. Elastic macrocharacteristic is calculated as integral functions which are by the decision of assemblage of boundary-value problems on a periodic cell.

Горынин Глеб Леонидович - доктор физико-математических наук, доцент по кафедре «Строительные технологии и конструкции», заведующий кафедрой «Строительные технологии и конструкции». Сургутский государственный университет. Основное направление научных исследований – механика композитных конструкций. Общее количество публикаций: свыше 80. электронная почта - ggorynin@list.ru.

Власко Андрей Федорович - аспирант кафедры «Строительные технологии и конструкции» Сургутский государственный университет. Основное направление научных исследований – механика композитных конструкций. Общее количество публикаций: 3. электронная почта - vlasko.a.f@yandex.ru.

УДК 691.620.18

### ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ БЕТОНА ПРИ МЕХАНОАКТИВАЦИИ ЗАПОЛНИТЕЛЯ

А. Ф. Косач, М. А. Ращупкина, Н. А. Гутарева, А. В. Обадьянов

**Аннотация.** В статье, представлен процесс структурообразования с учётом связи межфазных взаимодействий и внутренних сил с распределением по крупности частиц, входящих в структуру бетона, особенно так называемой микрогетерогенной составляющей с крупностью частиц в диапазоне  $10 \div 0,1$  мкм.

**Ключевые слова:** структурообразование, механоактивация.

#### Введение

Современные достижения в области механики дисперсных систем, в виде внутренних сил дисперсной или дисперсно-зернистой системы, создали дополнительные возможности управления начальной структурой бетонов.

Измельчение твёрдых материалов - осуществляют механическим разрушением крупных фрагментов ударным и/или сдавливающим действием в аппаратах различных конструкций, назначения, мощности и производительности [1,4,5]. Чем меньше зёрна новообразований и размеры пор между ними, тем выше прочность бетона даже при одном и том же водоцементном отношении.

Портландцемент в современном строительстве является основным высококачественным вяжущим веществом для бетона, отвечающим физико-техническим требованиям.

Повышение тонкости помола цемента и специальные мероприятия, обеспечивающие диспергацию частиц и пор, способствуют получению высококачественной тонкозернистой структуры.

#### Основная часть

Современные достижения в области механики дисперсных систем создали дополнительные возможности управления начальной структурой бетонов. Ключевым моментом этой стороны управления является избыточная поверхностная энергия, участвующая в структурообразовании фаз, которая проявля-

ется в виде внутренних сил дисперсной или дисперсно-зернистой системы.

Закономерности структурообразования и пороговые структурные переходы в основном соответствуют современным представлениям физико-химической механики дисперсных систем. В то же время для отдельных моментов не удалось дать достаточно полного обоснования, что создаёт некоторую неоднозначность в управлении процессом. В частности, недостаточно разработанным в научном и практическом плане выглядит вопрос о связи межфазных взаимодействий и внутренних сил с распределением по крупности частиц, входящих в структуру бетона, особенно так называемой микрогетерогенной составляющей с крупностью частиц в диапазоне  $10 \div 0,1$  мкм. В связи с этим предприняты попытки более глубокого рассмотрения процессов структурообразования с учётом именно этого фактора.

Кроме максимальной упаковки зёрен песка, важную роль при получении тонкозернистых бетонов играет удельная поверхность заполнителя, влияющая на водопотребность бетонной смеси, и площадь сцепления зёрен заполнителя с цементной матрицей. Удельная поверхность дисперсной фазы, содержащей одинаковые частицы, вычисляется по формуле:

$$S_{уд} = \frac{S_v}{V_v} \quad (1)$$

где  $S_v$  – поверхность частицы,  $V_v$  – её объём.

Удельная поверхность песка изменяется от 1,98 до 15,84 м<sup>2</sup>/г, а пустотность в уплотнённом состоянии от 28,7 до 37,7 % [2].

Рост удельной поверхности  $S$  увеличивает количество атомов в поверхностном слое с некомпенсированными с одной стороны электронными связями, а также количество атомов в приповерхностных слоях с частично некомпенсированными электронными связями.

В ограниченннх наночастицах, кроме того, возрастает количество подобных атомов на гранях и в вершинах. В результате поверхностная часть свободной энергии увеличивается до значений сравнимых с объёмной долей.

Основной проводимых исследований явилось тонкое измельчение кремнезёмистого сырья – механоактивация. Данный процесс способствует повышению значения полной свободной поверхностной энергии кварцевого песка ( $U_F$ ), которая складывается из энергии Гиббса (единицы поверхности) и скрытой теплоты образования единицы новой поверхности:

$$U_F = \sigma + q_F = G_F + T \cdot S_F, \quad (2)$$

где  $\sigma$  – удельная свободная поверхностная энергия,  $\sigma = dG/dF$ ,  $F$  – площадь поверхности;  $G_F$  – энергия Гиббса единицы поверхности;  $q_F$  – скрытая теплота образования единицы новой поверхности;  $q_F = T \cdot S_F$ ;  $S_F$  – избыточная энтропия единицы поверхности;  $T$  – температура [3].

В качестве заполнителя мелкозернистого бетона использовались кварцевые пески Сурей-Юганского месторождения со следующими характеристиками :

- по гранулометрическому составу песок относится к группе средних песков, модуль крупности 2,05;
- истинная плотность – 2620 кг/м<sup>3</sup>;
- насыпная плотность – 1570 кг/см<sup>3</sup>;
- содержание пылевидных и глинистых частиц – 0,84 %.

Пески подвергались тонкому сухому помолу совместно с негашёной известью до удельной поверхности 330...365 м<sup>2</sup>/кг, что соответствует среднему размеру зерна около 6...7 мкм.

Экспериментально определен фракционный состав немолотого песка (табл.1.).

Таблица 1 - Фракционный состав песка немолотого, %

Размер, мкм	Дифференциальное распределение	Интегральное распределение
>5000	0,45	100,00
2500 ÷ 5000	0,34	99,55
1250 ÷ 2500	0,34	99,21
630 ÷ 1250	1,93	98,87
315 ÷ 630	61,83	96,94
300 ÷ 315	7,93	35,11
150 ÷ 300	1,25	27,18
100 ÷ 150	4,89	25,93
50 ÷ 100	13,40	21,04
30 ÷ 50	0,27	7,64
15 ÷ 30	2,15	7,37
10 ÷ 15	1,09	5,22
5 ÷ 10	1,36	4,13
3 ÷ 5	0,54	2,77
2 ÷ 3	0,71	2,23
0 ÷ 2	1,52	1,52

При измельчении песка окатанную форму имеют только зёрна размером более 230 мкм. С уменьшением размера частиц их форма становится угловатой. У фракций размером зёрен менее 200 мкм не наблюдается резких различий в форме при измельчении в различных помольных агрегатах.

С увеличением времени помола удельная

поверхность материалов постоянно повышается, тогда как рост концентрации активных центров замедляется, причём, для разных материалов этот процесс начинается не одновременно. Например при помоле кварцито-песчаника концентрация обменных центров возрастает в течение 3 - 4 часов, когда достигает значения 19 - 21 мг-экв/м<sup>2</sup> (20,0 мг-экв/м

при  $S_{уд}=370 \text{ м}^2/\text{кг}$ ). Уже в течение первого часа активность пробы возрастает в 2,2 раза, а своего максимального значения достигает через 3 часа и равняет 24 мг-экв/м, (23,5 мг-экв/м при  $S_{уд}= 300 \text{ м}^2/\text{кг}$ ). В ещё большей степени это заметно при помоле кварцевого песка, у которого в первый час активность увеличивается в 3,25 раза, а уже после двух часов помола практически не возрастает выше 14 мг-экв/м<sup>2</sup>, (13,5 мг-экв/м при  $S_{уд}= 80 \text{ м}^2/\text{кг}$ ) [4, 5].

При механоактивации происходит резкое возрастание концентрации поверхностных дефектов, обусловленное нарушением контактов между кристаллами с разрывом кремнекислородных валентных связей.

Механоактивация кварцевого песка даёт:

- образование активных центров на свежееобразованной поверхности;
- изменение реакционной способности;
- на поверхности твёрдого тела формируется поверхностный слой, в котором концентрируется «избыточная» энергия;

- изменение свободной энергии кварцевого песка вследствие механохимической активации обусловлено изменением суммы поверхностной и внутренней энергии;

- изменение внутренней энергии за счёт дефектов структуры превышает прирост поверхностной энергии кварцевого песка в несколько раз, повышается химическая активность песка при нормальных условиях;

- значительно повышается структурообразующая роль песка и наполнителей;

- на месте выхода дислокаций на поверхности кристаллов механоактивированных полупродуктов идёт закрепление зародышей новообразований продуктов гидратации цемента.

Определен экспериментально фракционный состав песка с использованием сухого помола в табл.2.

Таблица 2 - Фракционный состав песка молотого, %

Размер, мкм	Дифференциальное распределение	Интегральное распределение
>5000	0	100,00
2500 ÷ 5000	0,00	100,00
1250 ÷ 2500	0,06	100,00
630 ÷ 1250	0,30	99,94
315 ÷ 630	13,11	99,64
300 ÷ 315	4,41	86,53
150 ÷ 300	1,40	82,12
100 ÷ 150	5,26	80,72
50 ÷ 100	19,20	75,46
30 ÷ 50	8,70	56,26
15 ÷ 30	13,06	47,56
10 ÷ 15	7,23	34,50
5 ÷ 10	10,35	27,27
3 ÷ 5	4,85	16,92
2 ÷ 3	4,19	12,07
0 ÷ 2	7,88	7,88

На основе вяжущей композиции были изготовлены образцы бетона на цементе ПЦ 400 Д20. Отформованные до одного и того же объёмного веса, образцы при большей удельной поверхности песка обладают большей

прочностью. На рисунке 1 представлены микрофотографии полученные с помощью электронной растровой микроскопии с разным разрешением – на микроскопе РЭМ 100У.

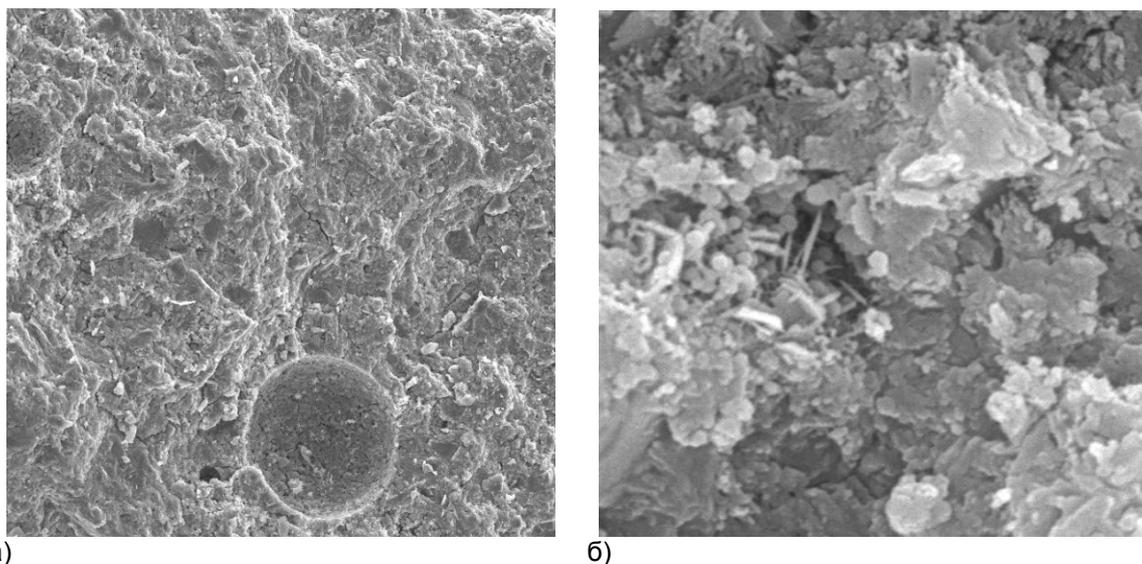


Рис. 1. Микрофотографии мелкозернистого бетона  
а) с разрешением 100 мкм; б) с разрешением 50 мкм

В дальнейшем в работе применялись наполнители с удельной поверхностью равной,  $350 \text{ м}^2/\text{кг}$ , так как при данной величине количество активных центров материалов практически достигает максимального значения и дальнейшее измельчение нецелесообразно [4, 5].

Образцы подвергались 8-и часовой тепловлажностной обработке в пропарочной камере при  $85...90 \text{ }^\circ\text{C}$ . Избыток свободной поверхностной энергии тонкомолотого механоактивированного кварцевого песка обуславливает его высокую реакционную способность уже при низких температурах.

Преимущества, получаемые от применения механоактивации песка:

1. Применение механоактивированных заполнителей может обеспечить прочность на сжатие, намного превышающую прочность обычных бетонов. При использовании природных заполнителей достигается прочность свыше  $150 \text{ Н/мм}^2$ , а при использовании специальных высокопрочных заполнителей можно достичь прочности  $300 \text{ Н/мм}^2$ .

2. Низкая проницаемость и повышенная плотность цементного камня обеспечивает повышенную морозостойкость бетона. Стабильная реологическая структура бетона с активированным заполнителем уменьшает потерю вовлечённого воздуха при транспортировке и вибрировании.

3. Применение механоактивированного заполнителя в бетоне позволяет экономить до 20 % цемента без ухудшения характеристик

бетона и сокращать расход тепловой энергии при тепловлажностной обработке изделий.

#### Заключение

При разработке составов мелкозернистого бетона учёт факторов дисперсности, удельной поверхности и времени помола заполнителя, позволил экспериментально получить изделия с высокими показателями основных свойств: прочности при сжатии, плотности, истираемости, морозостойкости. Механоактивация песка способствовала нарастанию прочности бетона и экономии цемента.

#### Библиографический список

1. Баженов Ю. М. Новые эффективные бетоны и технологии // Промышленное и гражданское строительство. 2001. – № 9. – С. 15-18.
2. Хозин В. Г., Морозов Н. М., Боровских И. В. Оптимизация гранулометрического состава песка для получения высокопрочного тонкозернистого бетона // Известия КазГАСУ. – 2008. – № 2(10). – С. 121-124.
3. Лотов В. А. Нанодисперсные системы в технологии строительных материалов и изделий // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – № 3. – С. 84 – 88.
4. Стрельников, А. Н. Применение механомагнитной активации для снижения количества вводимых добавок в бетон / С. В. Федосов, М. В. Акулова, А. Н. Стрельников, Т. Е. Слизнева // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2009. – № 3. – С. 21-25.
5. Ращупкина М. А., Косач А. Ф., Кузнецова И. Н. Зола гидроудаления в производстве бетона. Известия вузов. Строительство. – 2009. – № 7. – С. 16-20.

**FEATURES OF STRUCTURIZATION OF  
CONCRETE AT MECHANICAL ACTIVATION  
OF A FILLER**

A. F. Kosach, M. A. Rashchupkina,  
N. A. Gutareva, A. V. Obadyanov

In clause, attempts of deeper consideration of processes of structurization in view of communication of interphase interactions and internal forces with distribution on крупности the particles entering into structure of concrete, especially so-called microheterogeneous component with крупностью particles in a range  $10 \div 0,1$  microns are undertaken.

*Косач Анатолий Федорович – доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные конструкции Югорского государственного уни-*

*верситета (ЮГУ), г. Ханты-Мансийск. A\_Kosach@ugrasu.ru*

*Ращупкина Марина Алексеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» СибАДИ. Основное направление научных исследований: наноструктурирование строительных материалов и изделий, физико-механические свойства бетонов, механизм формирования структуры бетона. Общее количество публикаций: 37.*

*Гутарева Наталья Анатольевна – аспирантка Югорского государственного университета (ЮГУ), г. Ханты-Мансийск.*

*Обадыанов Александр Викторович – аспирант Югорского государственного университета (ЮГУ), г. Ханты-Мансийск.*

УДК 625.7

**ПЛАСТИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ  
С ДИСКРЕТНОЙ СТРУКТУРОЙ В УСЛОВИЯХ ТРЕХОСНОГО СЖАТИЯ  
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

Т. В. Семенова, В. Н. Герцог

**Аннотация.** Представлен способ расчета пластических деформаций материала, испытывающего трехосное сжатие. Дан сопоставительный анализ расчетных и экспериментальных деформаций суглинка легкого, испытывающего трехосное сжатие.

**Ключевые слова:** Пластичность, деформация, главные напряжения.

**Введение**

Потребительские свойства автомобильных дорог скорость и безопасность движения во многом зависят от ровности покрытий [1-3]. В настоящее время различают три причины ухудшения ровности. Во второй и третьей дорожно-климатических зонах в грунтах земляного полотна и слоях дорожной одежды происходит накапливание пластических деформаций, которые копируются асфальтобетонными покрытиями и основаниями. По данным И. А. Золотаря грунты земляного полотна испытывают пластические деформации, составляющие до 80 % глубины неровности, формирующейся на поверхности асфальтобетонного покрытия [2]. В четвертой дорожно-климатической зоне, а так же в наиболее жаркие летние месяцы асфальтобетонные покрытия испытывают деформации сдвига, что приводит к формированию неровностей на их поверхности [4]. Яркой иллюстрацией таких неровностей является колея с боковым выпо-

ром. Третьей причиной ухудшения ровности является износ покрытия в результате воздействия трения шин об их поверхность. Указанные причины могут комплексно влиять на ухудшение ровности покрытий.

Причиной ухудшения поперечной ровности считается неравномерное распределение проходов шин по ширине проезжей части [5, 6]. Причинами ухудшения продольной ровности считают неравномерное распределение влажности связных грунтов [7] и плотности дискретных материалов [8], а также изменение динамического усилия вдоль траектории движения, обусловленного колебаниями автомобиля [9].

Таким образом, разработка методики прогнозирования изменения ровности покрытий требует обширных исследований и знаний в областях пластического деформирования и разрушения трением. В настоящей работе авторы предпримут попытку вывода формулы, позволяющей производить расчет пластиче-

ских деформаций, накапливаемых дискретными материалами дорожных конструкций.

Специалисты дорожной отрасли предпринимали попытки разработки методики, позволяющей прогнозировать процесс накопления остаточных деформаций в грунтах и материалах дорожных конструкций.

Согласно А. В. Смирнову, необратимая деформация определяется по формуле [10]:

$$U = \sum_{j=1}^M \frac{\sigma_j^2 \cdot (1 - \mu^2)}{E_{Dj} \cdot R_j} \cdot \left( \exp \frac{D_j}{V \cdot t_{pj}} - 1 \right) \cdot h_j \cdot \frac{\lg n}{\lg N}, \quad (1)$$

где  $j$  и  $M$  – номер и количество слоев, на которые разбита активная толщина полупространства;  $\sigma_j$  – среднее значение напряжений, возникающих на верхней и нижней границах  $j$ -го слоя, МПа;  $E_{Dj}$ ,  $R_j$ ,  $h_j$ ,  $t_{pj}$  – модуль деформаций, предел прочности на сжатие, толщина, время релаксации материала  $j$ -го слоя, м и сек. соответственно;  $D_j$  – диаметр круговой площадки нагружения  $j$ -го слоя;  $V$  – скорость горизонтального движения автомобиля;  $N$  – требуемое число нагружений, которое должен выдержать материал до разрушения, авт.;  $n$  – реализованное число напряжений, авт.

В оригинальной модели А. В. Смирнова реализуется попытка учета нелинейного характера пластического деформирования введением отношения напряжения к прочности при сжатии. Одной из модификаций этой части модели являются формулы А. С. Александрова и Н. В. Кузина [1, 4, 9, 11], использующие реологическую кривую П. А. Ребиндера. В соответствии с этой кривой график «деформация – напряжение» разбивается на три кусочно-линейных и три нелинейных отрезка, каждый из которых описывается формулой. При этом конечная точка предыдущего отрезка является начальной для последующего. Несколько иная модификация модели А. В. Смирнова выполнена В. Г. Ереминым и О. А. Волокитиной [12], получившими на основе (1) формулы для расчета характеристик конструктивных слоев жестких дорожных одежд.

#### Анализ и решения задачи

Формула (1) представляет собой сумму вертикальных пластических перемещений, накапливаемых каждым  $j$ -м слоем дорожной конструкции. Для определения вертикального перемещения слоя можно использовать решение задачи об осадках полупространства и слоев конечной толщины, в соответствии с которым осадка определяется интегрированием функции вертикальных деформаций по глубине слоя или полупространства соответственно. Поставив в эти рамки нашу задачу,

вертикальное перемещение каждого  $j$ -го слоя определяется интегрированием функции пластической деформации. Пластическая деформация в (1) определяется произведением четырех функций. Поэтому (1) можно записать в общем виде, а именно:

$$U = \sum_{j=1}^M \int_{-Z_H}^0 \varepsilon_n \cdot f(t) \cdot f\left(\frac{\sigma_j}{R_j}\right) \cdot f(N), \quad (2)$$

где  $\varepsilon_n$  – пластическая деформация, накапливаемая от достаточно малого ограниченно количества нагрузок ( $n=1; 10; 100$  или  $1000$ );  $F(t)$  – функция времени;  $F(N)$  – функция, учитывающая накопление пластических деформаций в результате воздействия  $N$ -го количества расчетных нагрузок, которое значительно превышает  $n$ ;  $f(\sigma_j/R_j)$  – функция, учитывающая уровень напряженного состояния.

Наиболее часто число нагрузок  $n$  принимают равным 1. Функцию  $F(N)$  определяют экспериментально [13 – 18]. Деформация от первого приложения нагрузки  $\varepsilon_1$  представляется суммой мгновенной пластической и вязкопластической составляющих [1, 4, 9, 18], что позволяет учитывать отличие в скорости движения транспортных средств.

Пластическую деформацию, испытываемую материалом при воздействии первой циклической нагрузки, определим по формуле:

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{E_{Пн}} \cdot [\sigma_1 - \mu \cdot (\sigma_2 + \sigma_3)], \quad (3)$$

где  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  и  $\sigma_3$  – главные напряжения, возникающие в сечении по оси симметрии нагрузки, Па;  $E_{Пн}$  – нелинейный продольный модуль пластической деформации, определяемый экспериментально и являющийся аналогом моделей упругости и деформации, Па.

В формуле (3)  $E_{Пн}$  учитывает нелинейную взаимосвязь пластической деформации с главными напряжениями. Поэтому, подставляя (3) в (2), необходимо принять  $f(\sigma_j/R_j)=1$ . Произведя такую подстановку, получим:

$$U = \sum_{j=1}^M \left( \int_{-Z_H}^0 \frac{1}{E_{Пн}} \cdot [\sigma_1 - \mu \cdot (\sigma_2 + \sigma_3)] \cdot f(t) \cdot f(N) \right)_j \cdot (4)$$

Учитывая, что при расчетах напряженного состояния в слоях дорожных конструкций наиболее часто принимают  $\sigma_2=\sigma_3$ , формулу (4) можно дать в виде:

$$U = \sum_{j=1}^M \left( \int_{-Z_H}^0 \frac{1}{E_{Пн}} \cdot [\sigma_1 - 2 \cdot \mu \cdot \sigma_3] \cdot f(t) \cdot f(N) \right)_j \cdot (5)$$

Расчет максимального  $\sigma_1$  и минимального  $\sigma_3$  главного напряжения можно выполнить для различных материалов, используя разные методы. Так для монолитных материалов можно привлечь методы механики сплошной среды. Для дискретных материалов можно воспользоваться работой А. С. Александрова, Г. В. Долгих и Д. В. Юрьева [19], в которой взаимосвязь минимального  $\sigma_3$  и максимального  $\sigma_1$  главного напряжения дается формулой:

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \alpha \cdot \frac{\mu}{1-\mu} \cdot \sigma_1 = \alpha \cdot \xi \cdot \sigma_1, \quad (6)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, характеризующий степень бокового расширения;  $\xi$  – коэффициент бокового давления.

На поверхности дискретного материала  $\alpha=1$ . В этом случае (6) определяет значения минимальных главных напряжений, необходимых для компрессионного сжатия. С глубиной коэффициент  $\alpha$  уменьшается до  $\alpha=0$  на бесконечности. Поэтому на бесконечности полупространства материал испытывает одноосное сжатие, во всех остальных точках полупространства – трехосное сжатие и его боковое расширение ограничено, то  $0 < \alpha < 1$ . Для расчета коэффициента, характеризующего степень бокового расширения, авторы [19] предлагают использовать одну из формул:

$$\alpha = 1 - \sqrt{1 - K^2} \quad \text{или}$$

$$\alpha = \left( 1 - \sqrt{1 - K^2} \cdot \left( 1 - \frac{1-\mu}{2} \right) \right), \quad (7)$$

где  $K$  – коэффициент затухания (уменьшения) вертикального напряжения от равномерной нагрузки под осью ее симметрии.

Формулы (7) позволяют использовать различные модели расчета максимального главного напряжения, которое численно равно вертикальному напряжению в сечении по оси симметрии нагрузки. Поэтому в (7), а значит и (6), могут использоваться различные выражения для расчета коэффициента затухания напряжения. В этом случае имеется возможность для каждого материала подобрать свою наиболее точную формулу для расчета напряжения на различной глубине. Подставив (6) и первую из (7) в (3), получим:

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E_{\text{Пн}}} \cdot \left[ 1 - 2 \cdot \mu \cdot \frac{\mu}{1-\mu} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - K^2} \right) \right], \quad (8)$$

Для расчета нелинейного модуля пластической деформации можно использовать различные зарубежные модели. Для обоснования такой модели авторы выполнили экспериментальные исследования, заключающиеся в испытании образцов в условиях трехосного сжатия. На рис. 1 представлен общий вид испытания грунтового образца в камере трехосного сжатия.



Рис. 1. Общий вид испытания грунтового образца в камере трехосного сжатия

В результате установлено, что для песков и связных грунтов наиболее подходит модель Ладе и Нельсона [16], которая в оригинальном виде описывается формулой:

$$E_{\text{Пн}} = M \cdot p_a \cdot \left[ \left( \frac{I_1}{p_a} \right)^2 + \frac{6 \cdot (1 + \mu)}{1 - 2 \cdot \mu} \cdot \frac{J_2}{p_a^2} \right]^\lambda, \quad (9)$$

где  $I_1$  и  $J_2$  – первый инвариант тензора напряжений и второй инвариант девиатора напряжений, Па и Па<sup>2</sup> соответственно;  $M$  и  $\lambda$  – эмпирические константы, зависящие от вида песка или разновидности грунта и его состояния по плотности и влажности;  $p_a$  – атмосферное давление (100 кПа).

Записав инварианты тензоров в главных напряжениях для рассматриваемого напряженного состояния  $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$ , получим формулу:

$$E_{\text{Пн}} = M \cdot p_a \cdot \left[ \left( \frac{\sigma_1 + 2 \cdot \sigma_3}{p_a} \right)^2 + \frac{6 \cdot (1 + \mu)}{1 - 2 \cdot \mu} \cdot \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)^2}{3 \cdot p_a^2} \right]^\lambda. \quad (10)$$

Подставив, в (10) (6) и первую из (7) получим:

$$E_{\text{Пн}} = M \cdot p_a^{1-2\lambda} \cdot \sigma_1^{2\lambda} \times \left[ \left( 1 + 2 \cdot \frac{\mu}{1-\mu} \cdot (1 - \sqrt{1-K^2}) \right)^2 + \frac{6 \cdot (1+\mu)}{3 \cdot (1-2\mu)} \cdot \left( 1 - \frac{\mu}{1-\mu} \cdot (1 - \sqrt{1-K^2}) \right)^2 \right]^{2\lambda} \quad (11)$$

Анализируя различные источники, для щебеночных и гравийных материалов принята модель Итани [15], которая в оригинальном виде описывается формулой:

$$E(\varepsilon) = K_1 \cdot p_a \cdot \left( \frac{\sigma_1 + 2 \cdot \sigma_3}{p_a} \right)^{K_2} \cdot (\sigma_1 - \sigma_3)^{K_3} \cdot \sigma_3^{K_4}, \quad (12)$$

где  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  и  $K_4$  – коэффициенты эмпирической формулы.

Для оценки адекватности предложенных формул (8) и (11) выполнены испытания трехосным сжатием суглинка легкого при влажностях 0,57, 0,61 и 0,63 от границы текучести. На рис. 2 приведена зависимость вертикальной деформации образца от главных напряжений.

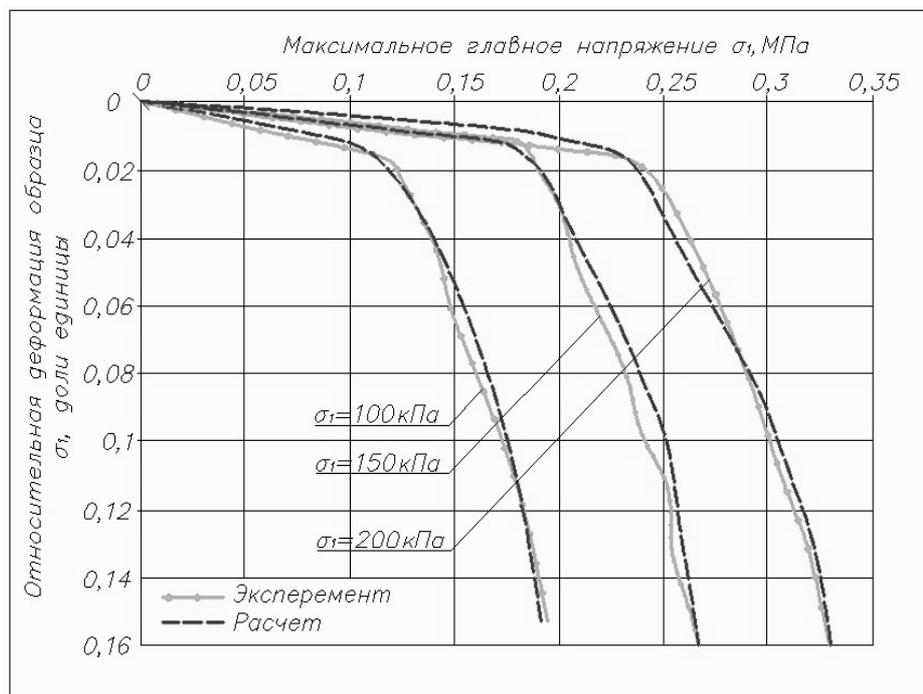


Рис. 2. Зависимость вертикальной деформации образца от главных напряжений

В результате установлено, что расхождение результатов расчета и экспериментальных данных составляет от -4,15 до + 12,78 %. Такую разницу результатов следует считать удовлетворительной.

Точность расчета может быть повышена за счет несколько иной модификации модели А. В. Смирнова. Анализ экспериментальных данных показывает, что вне зависимости от величины удерживающего напряжения  $\sigma_3$  функциональная зависимость деформации от

главных напряжений может быть представлена кусочно-линейной аппроксимацией, переходящей в нелинейную функцию. Это свидетельствует о том, что если за исходную модель принять формулы работ [1, 4, 9, 18], с которыми проделать все вышеперечисленные действия, то точность будет повышена. При этом сложность модели существенно возрастет.

### Выводы

1. Экспериментально установлена зависимость пластических деформаций грунта от главных напряжений, причем с увеличением удерживающего напряжения  $\sigma_3$  деформация уменьшается.

2. Расхождение результатов расчета по предлагаемой модели и экспериментальных данных, полученных при трехосных испытаниях суплинка легкого, составляет от -4,15 до + 12,78 %.

3. Точность модели может быть повышена при выполнении модификации, заключающейся в выделении кусочно-линейных и нелинейных отрезков, ограниченных соответствующими абсолютными, приближенными или условными пределами. В качестве таковых могут быть использованы известные пределы: упругости, структурной прочности, текучести и т.п.

### Библиографический список

1. Александров А. С. Моделирование деформационных процессов, протекающих в связных грунтах [Текст] / А. С. Александров // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2002. – № 4. – С. 16-19.
2. Золотарь И. А. К определению остаточных деформаций в дорожных конструкциях при многократных динамических воздействиях на них подвижных транспортных средств [Текст] / И. А. Золотарь. – Санкт-Петербург: Изд-во ВАТТ, 1999. – 31 с.
3. Матуа В. П. Прогнозирование и учет накопления остаточных деформаций в дорожных конструкциях [Текст] / В. П. Матуа, Л. Н. Панасюк – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2001. – 372 с.
4. Кузин Н. В. Расчет упругих, упруговязких и упруговязкопластических деформаций асфальтобетонных покрытий и оснований при воздействии транспортных нагрузок / Н. В. Кузин, А. С. Александров // Вестник ТГАСУ. – 2007. – №4. – С. 155 – 164.
5. Александров А. С. Критерии расчета дорожных конструкций по ровности, допускаемые и предельные неровности [Текст] / А. С. Александров // Вестник гражданских инженеров. – 2008. – №4. – С. 97–104.
6. Фадеев В. Б. Влияние остаточных деформаций грунта земляного полотна на колееобразование на проезжей части дорог с нежесткими дорожными одеждами. [Текст] / В. Б. Фадеев // Автореф. канд. техн. наук, М.: Изд-во МАДИ, 1999. – 21 с.
7. Каныгина С. Ю. Прогнозирование остаточных деформаций дорожных одежд нежесткого типа на земляном полотне из глинистых грунтов [Текст] / С. Ю. Каныгина // Автореф....канд. техн. наук – М.: Изд-во МАДИ, 1999. – 20 с.
8. Жустарева Е. А. Влияние плотности связного грунта в рабочем слое земляного полотна на остаточные деформации нежестких дорожных одежд [Текст] / Е. А. Жустарева // Автореф....канд. техн. наук – М.: Изд-во МАДИ, 2000. – 20 с.
9. Александров А. С. Нелинейное пластическое деформирование материалов при воздействии повторных кратковременных нагрузок [Текст] / А. С. Александров // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2008. – № 10. – С. 74 – 84.
10. Смирнов А.В. Механика устойчивости и разрушения дорожных конструкций [Текст] / А.В. Смирнов, А.А. Малышев, Ю.А. Агалаков – Омск: СибАДИ, 1997. – 91с.
11. Александров А. С. Расчет пластических деформаций материалов и грунтов дорожных конструкций при воздействии транспортной нагрузки [Текст] / А. С. Александров // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2009. – №2. – С. 3–11.
12. Еремин В. Г. Метод определения расчетных характеристик конструктивных слоев нежестких дорожных одежд [Текст] / В. Г. Еремин, О. А. Волокитина // Вестник ТГАСУ. – 2010. – №3. – С. 228 – 233.
13. Barksdale R. D. Laboratory Evaluation of Rutting in Base course Materials. //Proceedings of the 3rd International Conference on Asphalt Pavements. London – 1972. – P. 161-174.
14. Barksdale R. D. Performance of Crushed-Stone Base Courses. Transportation Research Record, 954, Transportation Research Board, Washington, D. C. – 1984. –p. 78-87.
15. Itani S. Y. Behavior of base materials containing large-sized particles. Ph.D. thesis. Georgia Institute of Technology, School of Civil and Environmental Engineerin. – Atlanta. – 1990.
16. Lade P. V., Nelson R.B. Modeling the elastic behavior of granular materials / International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics. – 1987. – Vol. 11. Issue 5. – P.521–542.
17. Werkmeister S. Permanent deformation behaviour of unbound granular materials in pavement constructions // Ph.D. thesis, University of Technology, Dresden, Germany. – 2003. – 189 p.
18. Александров А. С. Пластическое деформирование гнейс и диабазматериалов при воздействии повторяющихся нагрузок /А. С. Александров, Н. Ю. Киселева // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2012. – № 6. – С. 49 – 59.
19. Александров А. С. Расчет главных напряжений в слоях дорожных конструкций из дискретных материалов [Текст] /А.С. Александров, Г. В. Долгих, Д. В. Юрьев // Транспортное строительство. – 2011. – № 7. – С. 17 – 22.

### PLASTIC DEFORMATION OF MATERIALS THE DISCRETE STRUCTURE IN TRIAXIAL EXPOSURE CYCLIC LOADS

T. V. Semenova, V. N. Gerzog

The way of calculating the plastic deformation of the material undergoing triaxial. Dan comparative analysis of calculated and experimental strain loam lung undergoing triaxial.

Семенова Татьяна Викторовна – канд. технических наук, доцент Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основные направления научной деятельности: Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог. Общее количество опубликованных работ: 13. e-mail: semenova\_tv@sibadi.org.

Герцог Виталий Николаевич – Аспирант Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основные направления научной деятельности: Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог. Общее количество опубликованных работ: 1. e-mail: vitgerc@bk.ru

УДК 69.034.96

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АВТОМОДЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ С ЧИСЛЕННЫМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ ПРИ РЕШЕНИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЗАДАЧ В ГОРОДСКОМ, ДОРОЖНОМ И МЕЛИОРАТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В. И. Сологаев

**Аннотация.** Предложен метод фильтрационного расчёта подтопления территорий при нестационарной радиальной фильтрации воды с постоянным уровнем.

**Ключевые слова:** фильтрационный расчёт, подтопление, радиальная фильтрация воды.

#### Введение

Метод автомоделных движений с численным моделированием (АДЧМ) впервые был предложен для решения фильтрационных задач при защите от подтопления в городском строительстве [1]. Он был проверен с помощью классического решения П. Я. Полубариновой-Кочиной [2] на примере плоскопараллельной фильтрации при подтоплении территории грунтовыми водами малой мощности [1]. В данной работе представлено решение методом АДЧМ задачи радиальной фильтрации грунтовых вод малой мощности, полезное при прогнозировании подтопления в городском, дорожном и мелиоративном строительстве.

#### Основные положения

При составлении прогноза подтопления грунтовыми водами территории застройки в первую очередь необходимо провести гидрогеологическую схематизацию в разрезе и плане изучаемого участка. Если изменение положения уровня грунтовых вод (УГВ) имеет значение близкое их мощности (толщине), то фильтрационная задача становится нелинейной. Тогда решать её надо особыми аналитическими методами теории фильтрации, например, АДЧМ. При этом в плане (на виде сверху) движение грунтовых вод надо сводить к одному из двух вариантов: плоскопараллельному или радиальному. Критерием выбора вариантов является соотношение сторон источника подтопления 1:5 [3]. Если соотно-

шение больше 5, то рассматривают плоскопараллельную в плане фильтрацию. Если меньше 5 — радиальную.

Рассмотрим радиальное в плане подтопление территории грунтовыми водами малой мощности. Имеем компактный в плане источник подтопления радиусом  $r_0$  с постоянным напором воды  $H_0$ . Водопор горизонтальный и совпадает с отметкой дна источника подтопления. Окружающий проницаемый грунт однородный, изотропный, с коэффициентом фильтрации  $k$  и недостатком насыщения  $\mu$ . Расчётная схема показана на рис. 1.

Найдем с помощью данного комбинированного метода радиус языка подтопления  $R_{яз}$ , то есть получим точное решение задачи при нелинейной радиальной одномерной фильтрации воды со свободной поверхностью. Такие задачи актуальны для прогноза подтопления от септиков, метантенков, выгребных ям, при аварийном затоплении подвалов домов и т.д., в условиях первоначально не обводненных грунтов.

Будем искать радиус языка подтопления в виде

$$R_{яз} = r_0 + C_R \sqrt{2kH_0 t / \mu}, \quad (1)$$

где  $C_R$  — коэффициент, который определим с помощью метода АДЧМ;  $t$  — время от начала подтопления; остальные обозначения см. на рис. 1.

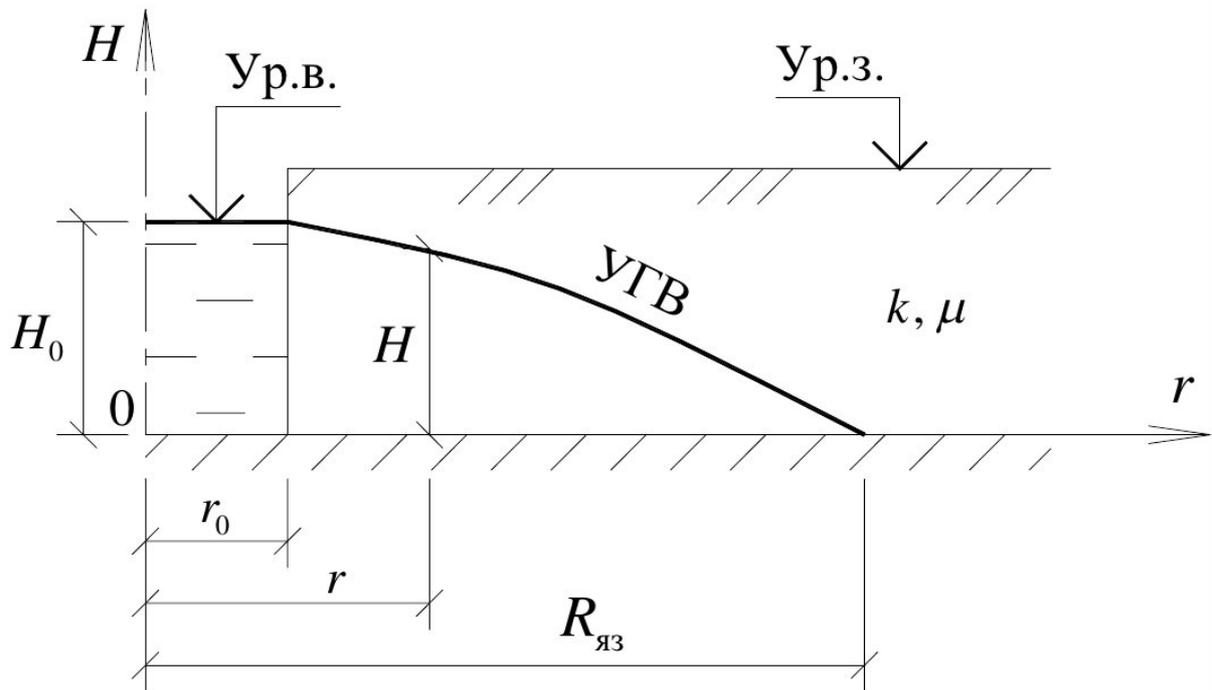


Рис. 1. Схема языка подтопления

Исходное нелинейное гидравлическое (по Буссинеску) дифференциальное уравнение нестационарной фильтрации языка подтопления при радиальном в плане движении воды в частных производных имеет вид

$$\frac{k}{\mu r} \frac{\partial}{\partial r} \left( rH \frac{\partial H}{\partial r} \right) = \frac{\partial H}{\partial t}, \quad (2)$$

где  $r$  — горизонтальная радиальная координата, причём вертикальная ось напоров  $H$  находится в центре источника подтопления при  $r = 0$ .

Граничное условие при  $r = 0$  выражает постоянство напора в источнике подтопления:

$$H(0, t) = H_0.$$

Другое граничное условие с постоянным нулевым напором ставим на внешнем движущемся фронте языка подтопления при  $r = R_{яз}$  в виде

$$H(R_{яз}, t) = 0.$$

Первоначально грунт не обводнен. Начальное условие при любом  $r > 0$  имеет вид

$$H(r, 0) = 0.$$

Автомодельное решение — это частное решение задачи, когда с помощью специальных подстановок и теории размерностей удаётся преобразовать исходное дифференциальное уравнение в частных производных в обыкновенное дифференциальное уравнение. Тогда решить уравнение можно проще.

Введем две подстановки (безразмерные переменные):

$$U = H/H_0; \quad (3)$$

$$\eta = \frac{r}{\sqrt{2kH_0 t/\mu}}. \quad (4)$$

Величину  $\eta$  можно назвать автомодельной переменной.

Тогда уравнение (2) с помощью подстановок (3) и (4) преобразуется в обыкновенное дифференциальное уравнение вида

$$\frac{d^2 U^2}{d\eta^2} + \frac{1}{\eta} \frac{dU^2}{d\eta} + 2\eta \frac{dU}{d\eta} = 0,$$

которое можно переписать, используя метод конечных разностей (МКР) так (рис. 2.):

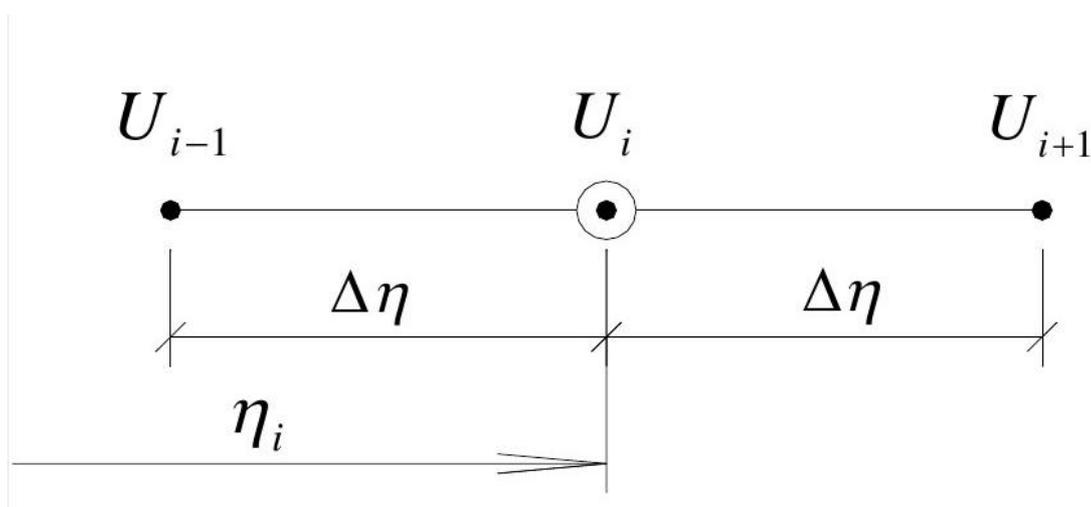


Рис. 2. Безразмерная МКР-сетка в радиальных координатах

$$\frac{U_{i-1}^2 - 2U_i^2 + U_{i+1}^2}{(\Delta\eta)^2} + \frac{U_{i+1}^2 - U_{i-1}^2}{2\eta_i\Delta\eta} + \frac{\eta(U_{i+1} - U_{i-1})}{\Delta\eta} = 0.$$

Из последнего уравнения получим формулу автомодельного безразмерного моделирования методом электронных таблиц [1] в виде

$$U_i = \left[ \frac{U_{i+1}^2 + U_{i-1}^2}{2} + \eta_i\Delta\eta(U_{i+1} - U_{i-1}) + \frac{\Delta\eta(U_{i+1}^2 + U_{i-1}^2)}{4\eta_i} \right]^{1/2}. \quad (5)$$

В процессе моделирования в электронных таблицах по формуле (5) обнаружено, что в радиальной задаче коэффициент  $C_R$  не является величиной постоянной, а зависит от продолжительности процесса подтопления. Замечено, что с течением времени  $C_R$  несколько уменьшается (примерно на 10 % от первоначального значения), то есть процесс радиаль-

ного расползания языка подтопления не совсем автомодельный.

Введем дополнительные безразмерные величины. Критерий Фурье (безразмерное время)

$$\tau = at/r_0^2; \quad a = kH_0/\mu.$$

Безразмерные пространственные координаты

$$\bar{r} = r/r_0; \quad \bar{R}_{яз} = R_{яз}/r_0.$$

Тогда из (1) можно выразить

$$C_R\sqrt{2} = (\bar{R}_{яз} - 1)/\sqrt{\tau}. \quad (6)$$

Применив метод электронных таблиц (МЭТ), на основе формул (5) и (6) получим таблицу 1 с промежуточными результатами.

Данные таблицы 1 обрабатываем с помощью средства «Мастер диаграмм» Microsoft Excel. В результате получим вспомогательную эмпирическую формулу

$$C_R\sqrt{2} = 1,5114 - 0,0461 \ln \tau, \quad (7)$$

имеющую высокий коэффициент корреляции 0,9997.

Таблица 1 – Промежуточные результаты

$\tau$	$\bar{R}_{яз}$	$C_R\sqrt{2}$	$\tau$	$\bar{R}_{яз}$	$C_R\sqrt{2}$
1	2,5098	1,5098	11	5,6468	1,4011
2	3,0903	1,4781	12	5,8402	1,3973
3	3,5310	1,4613	13	6,0221	1,3929
4	3,8980	1,4490	14	6,1984	1,3893
5	4,2136	1,4372	15	6,3672	1,3858
6	4,5025	1,4299	16	6,5309	1,3827
7	4,7631	1,4223	17	6,6911	1,3803
8	5,0055	1,4162	18	6,8429	1,3772
9	5,2344	1,4115	19	6,9917	1,3746
10	5,4457	1,4059	20	7,1378	1,3725

На основе (1) и (7) получим точное гидравлическое решение для радиуса круглого в плане языка подтопления

$$R_{\text{яз}} = r_0 \left[ 1 + (1,51 - 0,046 \ln \tau) \sqrt{\tau} \right]; \quad (8)$$

$$\tau = kH_0 t / (\mu r_0^2).$$

Кривые депрессии УГВ при растекании радиального языка подтопления в первоначально не обводненных грунтах удобнее и проще моделировать с помощью МЭТ, так как данный процесс подтопления нелинейный.

Дополнительные полевые и лабораторные исследования [4] показали, что формула (8) надёжная и достоверная. Погрешность расхождения теоретических и экспериментальных значений радиусов круглых в плане языков подтопления не превышала 5 %.

Практическое значение полученной формулы (8) следующее. В городском строительстве её можно применять для определения нестационарных зон подтопления, например, при аварийном затоплении при прорыве водонесущих коммуникаций смотровых колодцев, подвалов, погребов и т.д. В дорожном строительстве — для прогнозных оценок участков подтопления оснований дорог с возможным образованием бугров морозного пучения вследствие инфильтрации атмосферных вод через ямы в разрушенных дорожных покрытиях. В мелиоративном строительстве — для определения, например, зоны растекания воды от лунок растений при поливе, орошении и т.д. Кроме того, формулу (8) рекомендуется применять во всех аналогичных случаях в других сферах производственной деятельности.

#### Заключение

Предложена формула (8) для фильтрационного расчёта нестационарного процесса подтопления территории грунтовыми водами малой мощности из компактного в плане источника подтопления в первоначально сухих грунтах. Расчётная зависимость (8) надёжная — проверена полевыми и лабораторными ис-

следованиями. Она рекомендуется к производственному применению в городском, дорожном и мелиоративном строительстве.

#### Библиографический список

1. Сологаев В. И. Фильтрационные расчеты и компьютерное моделирование при защите от подтопления в городском строительстве: Монография. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2002. – 416 с.
2. Полубаринова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод. – М.: Наука, 1977. – 664 с.
3. Прогнозы подтопления и расчёт дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях: Справочное пособие к СНиП / А. Ж. Муфтахов, И. В. Коринченко, Н. М. Григорьева, В. И. Сологаев, А. П. Шевчик; ВНИИ ВОДГЕО. – М.: Стройиздат, 1991. – 272 с.
4. Сологаев В. И., Золотарев Н. В. О моделировании методом электронных таблиц подтопления и дренирования территорий антропогенных ландшафтов при радиальной фильтрации воды с постоянным уровнем // Вестник СибАДИ. – Омск: СибАДИ, 2009. – Вып. 3 (13). – С. 77-81.

#### APPLICATION OF METHOD AUTOMODELING MOVIES WITH COMPUTING MODELS WITH SOLVING FILTRATION PROBLEMS IN CIVIL ENGINEERING, ROAD CONSTRUCTIONS AND MELIORATION

V. I. Sologaev

The technique of solving filtration problems rizing groundwater level of territories for non-stationary radial filtration of water with constants by a level is offered.

*Сологаев Валерий Иванович - доктор технических наук, профессор кафедры городского строительства и хозяйства Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). Основное направление научных исследований – защита от подтопления в городском строительстве. Общее количество опубликованных работ: 89. e-mail: sologaev@mail.ru, Интернет-сайт: <http://sologaev.ucoz.ru>.*

## АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИЗГОТОВЛЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН И ФЕРМ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ОДНОЭТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

С. Ю. Столбова

**Аннотация.** Выполнен анализ точности геометрических параметров, изготовленных железобетонных колонн и ферм для возведения одноэтажного производственного здания. Рассчитаны статистические характеристики точности граней колонн и длин ферм. Осуществлена оценка сходимости эмпирических и теоретических (по нормальному закону) распределений погрешностей в размерах граней колонн и длин ферм. На основании выполненного анализа установлена действительная точность изготовления строительных элементов и вычислены допуски.

**Ключевые слова:** точность, геометрические параметры, железобетонные конструкции, одноэтажное здание.

### Введение

Согласно, ГОСТ 21778–81 (СТ СЭВ 2045–79). [1], при проектировании зданий, сооружений и их отдельных элементов, разработке технологии изготовления элементов и возведения зданий и сооружений следует предусматривать, а в производстве – применять необходимые средства и правила технологического обеспечения точности.

Для анализа точности изготовления сборных железобетонных конструкций и определения уровней производственной базы стройиндустрии (с точки зрения обеспечения геометрической точности конструкций) были проведены линейные измерения граней колонн и длин ферм, одноэтажного производственного здания. Автором лично выполнены исследования точности изготовления сборных железобетонных элементов (граней колонн, длин ферм) одноэтажного двухпролетного производственного здания шифром унифицированной габаритной схемы (УГС) Б-18-72 – корпуса учебного центра пожарной службы МЧС, возводимого в г. Омске.

### Основная часть

При линейных измерениях граней колонн применялся стальной метр с миллиметровыми делениями (ГОСТ 427-75), а для длин ферм, стальная двадцатиметровая рулетка с миллиметровыми делениями (ГОСТ 7502–69).

Перед измерениями мерные приборы были прокомпарированы с помощью женеvской линейки при температуре +22°. Поправки за разность температур воздуха в период компарирования и при измерении размеров железобетонных конструкций определялись по выражению:

$$\Delta L = \alpha (t_s - t_k) L, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения мерных приборов (для стали  $12,5 \times 10^{-6}$ );  $t_k, t_s$  – температура воздуха соответственно при компарировании и измерении;  $L$  – значение измеренных размеров.

Поправки за компарирование ( $\Delta L_k$ ) и за разность температур компарирования и измерений ( $\Delta L_t$ ) вводили в результаты измерений при их обработке. Точность собственного измерения размеров будет зависеть от погрешности отсчетов по метру или рулетке и от погрешности совмещения нулевого штриха метра или рулетки с гранями сборных железобетонных элементов. Примем эти погрешности равными  $m_o = m_c = \pm 0,5$  мм. Тогда точность собственного измерения будет  $m_{изм.} = m_o \sqrt{2} = \pm 0,5\sqrt{2} = \pm 0,7$  мм.

Погрешности в размерах граней колонн и длин ферм были сформированы в малые выборки и преобразованы в вариационные ряды. Далее вариационные ряды малых выборок были преобразованы в интервальные, которые обрабатывались с применением методов математической статистики и теории вероятностей по известным выражениям.

Для исследования граней колонн и длин ферм были выполнены измерения соответственно с объемом выборок  $N = 78$  и  $N = 26$ .

Основные параметры распределения, рассчитанные по известным выражениям для точечных и интервальных оценок исследуемых совокупностей измерений, приведены внизу табл. 1 и табл. 3

В этих таблицах приняты следующие обозначения:  $\bar{X}$  – среднее арифметическое;  $m$  – среднеквадратическая погрешность;  $M$  –

среднеквадратическая погрешность среднеарифметического;  $m_m$  – среднеквадратическая погрешность самой среднеквадратической погрешности;  $a$  – математическое ожидание;  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение.

При оценке сходимости эмпирических распределений погрешностей в размерах граней колонн и длин ферм с теоретическими по

критерию К.Пирсона соответственно получено:  $\chi^2_{набл.} = 2,47 < \chi^2_{кр.} = 9,5$ ;  $\chi^2_{набл.} = 0,94 < \chi^2_{кр.} = 9,5$ .

Оценки сходимости эмпирических и теоретических (по нормальному закону) распределений приведены в табл. 2 и табл. 4. Гистограммы эмпирических и кривые теоретических распределений изображены на рис. 1. и рис. 2.

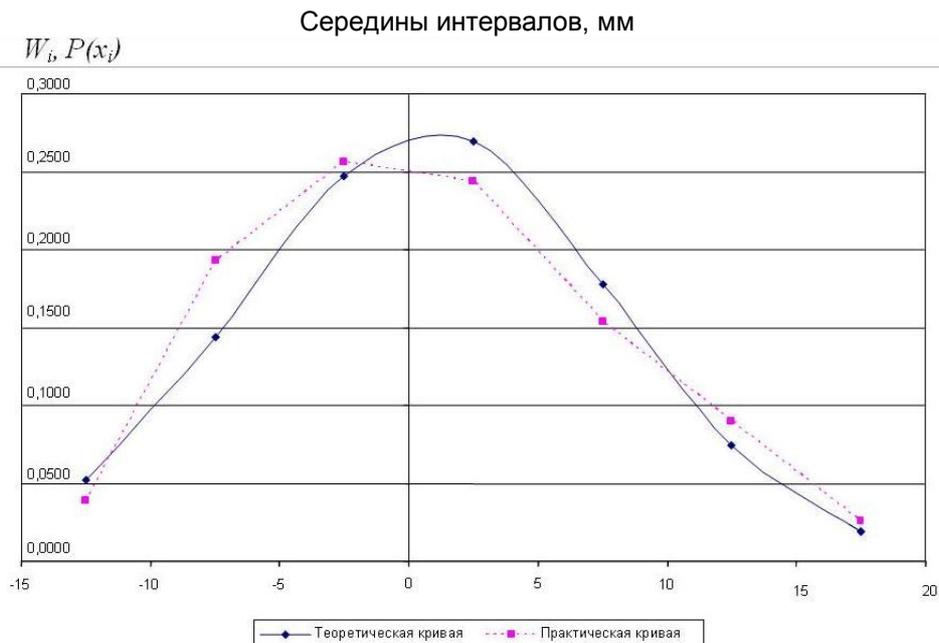


Рис. 1. Погрешности изготовления граней колонн

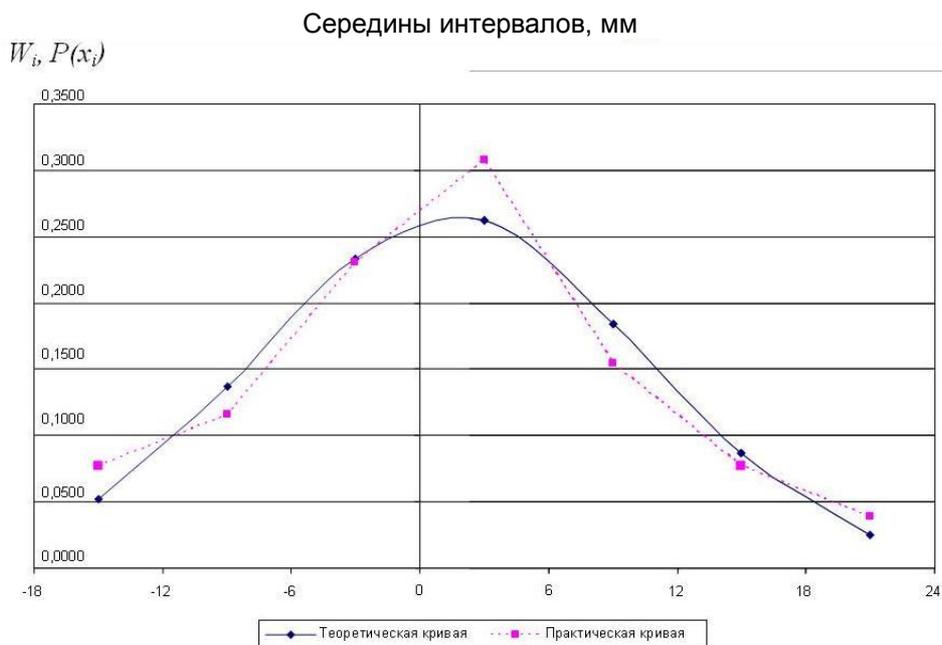


Рис. 2. Погрешности изготовления длин ферм

## СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Таблица 1 - Погрешности изготовления граней колонн

Интервалы		Частота $n_i$	Частость $W_i$	Середина интервала $x_i$	$n_i \cdot x_i$	$x_i - \bar{x}$	$n_i \cdot (x_i - \bar{x})$	$n_i \cdot (x_i - \bar{x})^2$	$t_1$	$t_2$	$\Phi(t_1)$	$\Phi(t_2)$
a	b											
-15	-10	3	0,038	-12,5	-37,5	-13,27	-39,81	528,22	-2,22	-1,51	-0,4868	-0,4345
-10	-5	15	0,192	-7,5	-112,5	-8,27	-124,04	1025,70	-1,51	-0,81	-0,4345	-0,2910
-5	0	20	0,256	-2,5	-50	-3,27	-65,38	213,76	-0,81	-0,11	-0,2910	-0,0438
0	5	19	0,244	2,5	47,5	1,73	32,88	56,92	-0,11	0,60	-0,0438	0,2257
5	10	12	0,154	7,5	90	6,73	80,77	543,64	0,60	1,30	0,2257	0,4032

$$\bar{x} = 60/78 = 0,77 \text{ мм}$$

$$M = 7,11/\sqrt{78} = 0,80 \text{ мм}$$

$$m = \sqrt{3891,35/(78-1)} = 7,11 \text{ мм}$$

$$m_m = 7,11/\sqrt{2 \cdot (78-1)} = 0,57 \text{ мм}$$

Доверительный интервал для "a":

$$\bar{x} - t_q \cdot M < a < \bar{x} + t_q \cdot M, \text{ где } t_q (N = 78; P = 0,95) = 1,99$$

$$0,77 - 1,99 \cdot 0,80 < a < 0,77 + 1,99 \cdot 0,80 \Rightarrow -0,82 \text{ мм} < a < 2,36 \text{ мм}$$

Доверительный интервал для "σ":

$$m \cdot (1-g) < \sigma < m \cdot (1+g), \text{ где } g (N = 78, P = 0,95) = 0,169$$

$$7,11 \cdot (1-0,169) < \sigma < 7,11 \cdot (1+0,169) \Rightarrow 5,91 \text{ мм} < \sigma < 8,31 \text{ мм}$$

Таблица 2 - Оценка сходимости эмпирического распределения Критерий Пирсона

Интервалы		Частота $n_i$	$P(x_i)$	$NP(x_i)$	$[n_i - NP(x_i)]$	$[n_i - NP(x_i)]^2$	$\frac{[n_i - NP(x_i)]^2}{NP(x_i)}$
a	b						
-15	-10	3	0,0523	4,079	-1,079	1,165	0,286
-10	-5	15	0,1435	11,193	3,807	14,493	1,295
-5	0	20	0,2472	19,282	0,718	0,516	0,027
0	5	19	0,2695	21,021	-2,021	4,084	0,194
5	10	12	0,1775	13,845	-1,845	3,404	0,246
10	15	7	0,0740	5,772	1,228	1,508	0,261
15	20	2	0,0194	1,513	0,487	0,237	0,157
		78					2,47

При  $K = 7$ , число степеней свободы равно 4.  $\chi^2(0,05; 4) = 9,5$ .

Таким образом,  $2,47 < 9,5$ . Нулевая гипотеза не отвергается.

Таблица 3 - Погрешности изготовления длин ферм

Интервалы		Частота $n_i$	Частость $W_i$	Середина интервала $x_i$	$n_i \cdot x_i$	$x_i - \bar{x}$	$n_i \cdot (x_i - \bar{x})$	$n_i \cdot (x_i - \bar{x})^2$	$t_1$	$t_2$	$\Phi(t_1)$	$\Phi(t_2)$	Вероятность $P(x_i)$
a	b												
-18	-12	2	0,077	-15	-30	-16,38	-32,77	536,91	-2,18	-1,50	-0,4854	-0,4332	0,0522
-12	-6	3	0,115	-9	-27	-10,38	-31,15	323,52	-1,50	-0,83	-0,4332	-0,2967	0,1365
-6	0	6	0,231	-3	-18	-4,38	-26,31	115,35	-0,83	-0,16	-0,2967	-0,0636	0,2331
0	6	8	0,308	3	24	1,62	12,92	20,88	-0,16	0,52	-0,0636	0,1985	0,2621
6	12	4	0,154	9	36	7,62	30,46	231,98	0,52	1,19	0,1985	0,3830	0,1845
12	18	2	0,077	15	30	13,62	27,23	370,76	1,19	1,87	0,3830	0,4693	0,0863
18	24	1	0,038	21	21	19,62	19,62	384,76	1,87	2,54	0,4693	0,4945	0,0252
		26	1,0		36			1984,15					0,9799

$$\bar{x} = 36 / 26 = 1,38 \text{ мм}$$

$$M = 8,91 / \sqrt{26} = 1,75 \text{ мм}$$

$$m = \sqrt{1984,15 / (26 - 1)} = 8,91 \text{ мм}$$

$$m_m = 8,91 / \sqrt{2 \cdot (26 - 1)} = 1,26 \text{ мм}$$

Доверительный интервал для "а":

$$\bar{x} - t_q \cdot M < a < \bar{x} + t_q \cdot M, \text{ где } t_q (N = 26; P = 0,95) = 2,06$$

$$1,38 - 2,06 \cdot 1,75 < a < 1,38 + 2,06 \cdot 1,75 \Rightarrow 2,23 \text{ мм} < a < 4,99 \text{ мм}$$

Доверительный интервал для "σ":

$$m \cdot (1 - g) < \sigma < m \cdot (1 + g), \text{ где } g (N = 26, P = 0,95) = 0,31$$

$$8,91 \cdot (1 - 0,31) < \sigma < 8,91 \cdot (1 + 0,31) \Rightarrow 6,15 \text{ мм} < \sigma < 11,67 \text{ мм}$$

Таблица 4 - Оценка сходимости эмпирического распределения. Критерий Пирсона

Интервалы		Частота $n_i$	$P(x_i)$	$NP(x_i)$	$[n_i - NP(x_i)]$	$[n_i - NP(x_i)]^2$	$\frac{[n_i - NP(x_i)]^2}{NP(x_i)}$
а	б						
-18	-12	2	0,0522	1,357	0,643	0,413	0,304
-12	-6	3	0,1365	3,549	-0,549	0,301	0,085
-6	0	6	0,2331	6,061	-0,061	0,004	0,001
0	6	8	0,2621	6,815	1,185	1,405	0,206
6	12	4	0,1845	4,797	-0,797	0,635	0,132
12	18	2	0,0863	2,244	-0,244	0,059	0,026
18	24	1	0,0252	0,655	0,345	0,119	0,181
		26					0,94

При  $K = 7$ , число степеней свободы равно 4.  $\chi^2(0,05; 4) = 9,5$ .

Таким образом,  $0,94 < 9,5$ . Нулевая гипотеза не отвергается

Полученные значения " $\chi^2$ " показывают, что гипотеза о нормальном законе распределения погрешностей в выборках не вызывает сомнений.

На основании выполненных исследований, была установлена действительная точность изготовления строительных элементов и вычислены допуски.

Нормы точности (допуски) при возведении строительных конструкций предложено назначать по выражению:

$$\Delta = 2 t \sigma, \quad (2)$$

где  $t$  – нормированный множитель  $\sigma$  – средне-квадратическое отклонение.

С учетом нормального уровня ответственности для многоэтажного производственного здания, согласно [2], значение нормированного множителя  $t=2$ . Тогда фактические погрешности (допуски) изготовления граней колонн и длин ферм соответственно будут:

$$\Delta_{и}^k = 4 * \sigma = 4 * 8,31 = 33,24 \text{ мм} \text{ и } \Delta_{и}^б = 4 * \sigma = 4 * 11,67 = 46,68 \text{ мм}.$$

**Заключение**

Анализ точности изготовленных железобетонных колонн и ферм на этом объекте показал, что погрешности во всех выборках соответствуют закону нормального распределения. Действительная точность изготовления железобетонных конструкций (колонн и ферм) на рассматриваемом объекте, как показал наш анализ, ниже нормативной.

Следовательно, при разработке проекта производства работ по возведению одноэтажного производственного здания необходимо выполнить расчет технологических допусков на строительные-монтажные и разбивочные работы с учетом точности изготовления железобетонных конструкций, как приведено в работе [3].

### Библиографический список

1. ГОСТ 21779–82 (СТ СЭВ 2681–80). Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения [Текст]. – М.: - Изд – во стандартов, 1981 – 9 с.
2. Столбов Ю. В. Назначение точности возведения строительных конструкций с учетом ответственности зданий и сооружений [Текст]/ Ю. В.Столбов, С. Ю.Столбова // Вестник СибАДИ.- 2006. – Вып. 4. – Омск: СибАДИ. – С. 134 – 138.
3. Столбова С. Ю. Расчет точности монтажа конструкций зданий с учетом уровня производственной базы, геодезического обеспечения и технологии строительства // Матер. Международ. науч. – практ. конф. «Дорожно-транспорт. комплекс, экономика, экология, строительство и архитектура». – Омск: Изд-во СибАДИ, 2003. – Кн.3. – С.34-36.

### ANALYSIS OF THE ACCURACY OF GEOMETRICAL PARAMETERS MADE OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS AND BEAMS FOR THE CONSTRUCTION OF A SINGLE – STOREY INDUSTRIAL BUILDING

S. Y. Stolbova

The analysis of the accuracy of the geometrical parameters, made of reinforced concrete columns and beams for the construction of single – storey industrial building is performed. Calculated the statistical characteristics of precision edges and beams lengths. The estimation of the convergence of the empirical and theoretical (the normal distribution) of the distribution in the amount of faces columns and beams lengths. Based on the performed analysis is set real precision manufacturing building elements and calculated tolerances.

*Столбова Светлана Юрьевна – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Недвижимость и строительный бизнес» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Основное направление научной деятельности: методология расчета и назначения технологических допусков для обеспечения геометрических параметров конструкций зданий и сооружений. Общее количество опубликованных работ: 35. e – mail: SSU0810@mail.ru.*

## РАЗДЕЛ III

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 514.185.2

### ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ЗАДАЧ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

О. Б. Ильясова, И. К. Шелков

**Аннотация.** Представлен алгоритм решения задач начертательной геометрии посредством параметрического анализа исходных данных с использованием аппарата исчислительной геометрии, который позволяет проверить корректность заданных условий, определить число решений и найти оптимальный графический алгоритм решения.

**Ключевые слова:** алгоритм, математический подход, формализованный аппарат, параметрический анализ.

#### Основные понятия

При решении задачи по начертательной геометрии, возникает ряд вопросов, связанных с постановкой задачи, например, «Правильно ли сформулирована задача? Корректно ли заданы условия? Достаточно ли их? Сколько решений имеет задача, а может и вообще не имеет?», так как многие не могут понять интуитивно и с помощью логических рассуждений, что должно получиться в ответе.

Параметрический анализ задач НГ позволяет ответить на вышеперечисленные вопросы, так как является своеобразной проверкой заданных условий на достаточность, совместность условий и определения числа решений задачи. Также дает возможность достаточно обоснованно и математически строго подойти к решению задачи, выбирая оптимальный алгоритм решения и определяя количество возможных ответов.

Для детального понимания вышесказанного, введем несколько определений.

**Совместность условий** – возможность одновременного удовлетворения искомого объекта заданным условиям, то есть возможность одновременного выполнения этих условий.

**Параметр** – это одно простое условие, накладываемое на элемент множества. Ими могут служить независимые числовые величины, которые позволяют выделить геометрический объект из  $n$  – параметрического мно-

жества объектов в заданной системе параметризации.

$n$  – параметрическое множество – множество объектов, для выделения одного из которого необходимо связать  $n$  – параметров. Понятие параметр тесно связано с таким понятием, как размерность. В геометрии **размерность** – это количество независимых параметров, необходимых для описания состояния объекта, или, другими словами, для определения его положения в некоем абстрактном пространстве.

**Система параметризации** – совокупность заданных геометрических элементов (примитивов) и геометрических условий, которые ставят в соответствие каждому объекту набор параметров [1].

#### Параметрический анализ.

**Параметрическое число объекта.** Для определения параметрического числа объекта используется формула Грассмана:

$$D_n^m = (n - m)(m + 1) \quad (1)$$

где  $n$  – размерность пространства,  
 $m$  – размерность искомого элемента.

В качестве примера подсчитаем параметрическое число для основных объектов трехмерного пространства, а именно для точки, прямой и плоскости, далее называемых 0-плоскость, 1-плоскость и 2-плоскость:

- значение  $m$  для 0-плоскости в трехмерном пространстве равно 0, следовательно

$$D_3^0 = (3 - 0)(0 + 1) = 3,$$

а значит, точка в  $E_3$  имеет параметрическое число равное трем.

- параметрическое число 1-плоскости определяется уравнением

$$D_3^1 = (3 - 1)(1 + 1) = 4.$$

- для 2-плоскости уравнение имеет вид:

$$D_3^2 = (3 - 2)(2 + 1) = 3.$$

*Параметрическое число условий.* Размерность обобщенного геометрического условия определяется по формуле [2]:

$$Q_{об} = \frac{(2n - m)(m + 1)}{2} - \sum_{i=0}^m a_i, \quad (2)$$

где  $n$  - размерность пространства, в котором рассматривается инцидентность,

$m$  - размерность объекта, удовлетворяющего обобщенному условию инцидентности,

$a_i$  - нижние индексы в символьной интерпретации условия.

Для примера разберем некоторые условия инцидентности, накладываемые на объекты трехмерного пространства.

Прямая проходит через точку:  $e_{3,0}^{1,0}$

$$Q_{ia} = \frac{(2 \cdot 3 - 1)(1 + 1)}{2} - 3 = 2.$$

$2e_{31}^{10}$  - прямая пересекает кривую второго порядка

$$Q_{ia} = \frac{(2 \cdot 3 - 1)(1 + 1)}{2} - 4 = 1$$

$\tilde{e}_{31}^{10}$  - прямая параллельная плоскости

$$Q_{//} = p_{//} \cdot m(n - m - q + p_{//} \cdot m), \quad (3)$$

где  $p_{//}$  - значение степени параллельности,

$n$  - размерность пространства, в котором рассматривается условие параллельности,

$m$  и  $q$  - размерности параллельных элементов.

Согласно формуле (3) размерность условия параллельности прямой ( $m = 1$ ) и плоскости ( $q = 2$ ) в пространстве  $E_3$  ( $n = 3$ ),

при  $p_{//} = 1$  определится следующим образом:

$$Q_{//} = 1 \cdot 1(3 - 1 - 2 + 1 \cdot 1) = 1.$$

Представим алгоритм решения задачи:

1. Расчет размерности (параметрического числа) объекта. Его размерность может быть найдена по формуле 1.

2. Расчет размерности (параметрического числа) заданных условий по формуле 2.

3. Проверка достаточности исходных данных и корректности заданных

условий. Если размерность объекта и размерность условия равны, то задача задана корректно и заданных условий достаточно для решения.

4. Проверка условий на совместность. Другими словами, одновременное удовлетворение искомого объекта этим условиям.

5. Определение числа решений задачи.

6. Графоаналитическое представление алгоритмов решения задачи.

Определение наиболее оптимального алгоритма путем перебора условий.

Рассмотрим алгоритм решения задачи на частном примере.

*Задача.* Через точку  $A$  провести прямую, пересекающую окружность  $b$  и параллельную плоскости  $B_1C_1D_1$  (рис. 1).

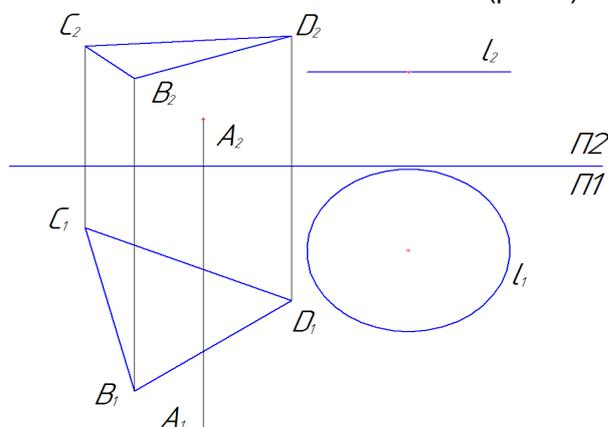


Рис. 1. Исходные данные к задаче

1. Расчет параметрического числа объекта. Искомым объектом задачи является прямая (1-плоскость). По формуле Грассмана (1) определяем, что множество прямых евклидова пространства четырехпараметрично.

$$D_3^1 = (3 - 1)(1 + 1) = 4.$$

Из этого следует, что для получения искомой прямой на множество прямых трёхмерного пространства необходимо наложить условия, суммарная размерность которых равна четырем.

2. Расчет параметрического числа геометрических условий.

В задаче можно выделить три условия. Для расчета воспользуемся формулой (2) и (3).

Условие 1: Прямая параллельна плоскости (поле прямых)  $\tilde{e}_{31}^{10} = 1$ .

Условие 2: Инцидентность прямой пространству  $E_3$  и проходящей через заданную в нем точку. Данное условие инцидентности определяет связку прямых  $e_{30}^{10} = 2$ .

Условие 3: Прямая пересекает окружность  $2e_{31}^{10} = 1$ .

3. Проверка достаточности условий.

Условия достаточны в том случае, если размерность искомого многообразия равна сумме размерностей условий. Размерность прямой равна 4, сумма размерностей условий равно  $1+2+1=4$ . Размерности равны, следовательно, заданных условий достаточно.

4. Проверка условий на совместность.

Рассмотрим произведение заданных условий:

$$\tilde{e}_{31}^{10} \cdot e_{30}^{10} \cdot 2e_{31}^{10} = e_{20}^{10} \cdot 2e_{31}^{10} = 2e_{10}^{10}.$$

При перемножении символов  $\tilde{e}_{31}^{10}$  (пересекающиеся прямые) и  $e_{30}^{10}$  (прямая, проходящая через точку) получим  $e_{20}^{10}$  - пучок прямых. Перемножим полученный символ на  $2e_{31}^{10}$  (пересечение прямой и кривой второго порядка), получим  $2e_{10}^{10}$  (прямая, пересекающая заданную прямую и проходящая через заданную точку). Это говорит о том, что

условия совместны (нижние и верхние индексы совпадают).

5. Определение числа решений.

Коэффициент при «ешке» равен двум, следовательно, задача имеет два решения.

6. Графическая реализация.

Данный этап позволит выявить оптимальный (наиболее короткий, простой в построении) алгоритм решения рассматриваемой задачи путем перебора различных последовательностей выполнения заданных условий [3]:

Первый алгоритм:  $(Y1 \cap Y2) \cap Y3$ .

Для его выполнения первым действием будет выполнение произведения условий:

$\tilde{e}_{31}^{10} \cdot e_{30}^{10} = e_{20}^{10}$ , что означает построение прямых, проходящих через данную точку и параллельных заданной плоскости. Результатом этого построения будет пучок прямых, проходящих через точку  $A$  и параллельную плоскости  $BCD$ .

На комплексном чертеже (рис. 2) данный этап реализуется построением прямой с параллельной к плоскости  $BCD$ , проходящую через точку  $A$ . Для выполнения этого действия необходимо выполнить замену плоскостей проекций для преобразования плоскости общего положения в частное. Построенная прямая  $s$  будет одной из прямых, задающих искомое множество.

Второе действие [4]:

$e_{20}^{10} \cdot 2e_{31}^{10} = 2e_{10}^{10}$  - выбор из построенного множества, прямых, пересекающих заданную окружность  $b$  и проходящих через заданную точку  $A$ .

Второй алгоритм:  $(Y1 \cap Y3) \cap Y2$ .

Для выполнения построения второго алгоритма необходимо будет выполнить произведение условий  $\tilde{e}_{31}^{10} \cdot 2e_{31}^{10}$  это произведение указывает на то, что данный алгоритм графически не реализуем, поскольку мы не можем провести прямую через точку, не имея условия прохождения через точку в первом произведении условий.

Третий алгоритм:  $(Y2 \cap Y3) \cap Y1$ .

$e_{30}^{10} \cdot 2e_{31}^{10} = e_{20}^{10}$  - пучок прямых - прямая, пересекающая заданную прямую и проходящая через заданную точку

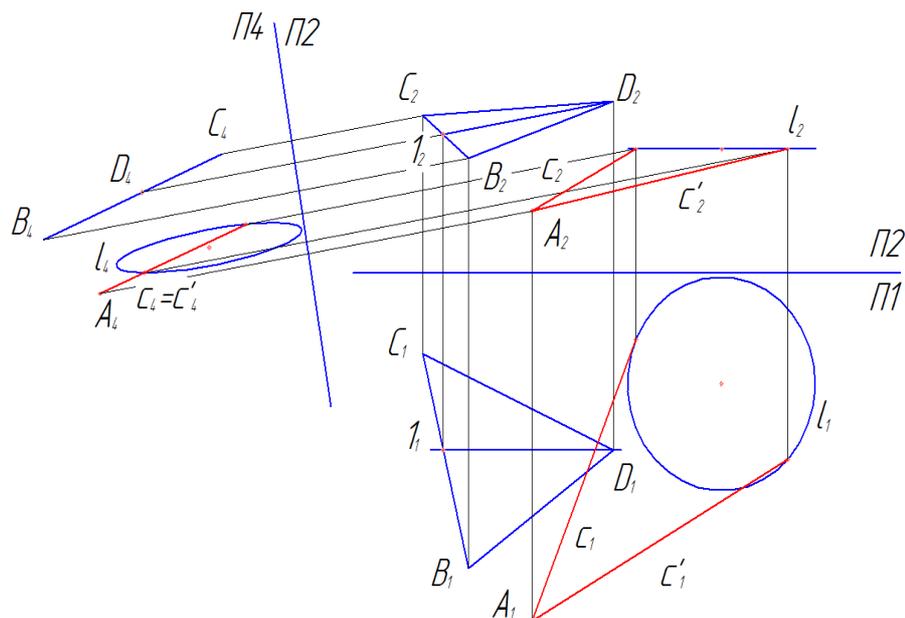


Рис. 2. Решение задачи по первому алгоритму

### Заключение

Параметрический анализ задач начертательной геометрии позволяет перед решением задачи проводить анализ заданных объектов и условий, определять количество и размерность искомого объекта и главное, найти оптимальный для выполнения решения конкретной задачи алгоритм построений.

### Библиографический список

1. Волков В. Я. Графические оптимизационные модели многофакторных процессов: монография / В. Я. Волков, М. А. Чижик. – Омск: ОмГИС, 2009. – 101 с.
2. Курс начертательной геометрии на основе геометрического моделирования: учебник / В. Я. Волков, В. Ю. Юрков, К. Л. Панчук, Н. В. Кайгородцева. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2010. – 253 с.
3. Сборник задач и упражнений по начертательной геометрии (к учебнику "Курс начертательной геометрии на основе геометрического моделирования") / В. Я. Волков, В. Ю. Юрков, К. Л. Панчук, Н. В. Кайгородцева – Омск: Изд-во СибАДИ, 2010. – 73 с.
4. Чижик М. А., Волков В. Я., Сурженко Е. Я. Программное обеспечение для построения графических оптимизационных моделей многофакторных процессов: Вестник СибАДИ № 5 (27) / Чижик М. А., Волков В. Я., Сурженко Е. Я. – Омск: СибАДИ, 2012, С. 95

### PARAMETRIC ANALYSIS INITIAL DATA OF TASKS OF DESCRIPTIVE GEOMETRY

O. B. Ilyasova, I. K. Shelkov

An algorithm for solving the problems of descriptive geometry by the parametric analysis of raw data using the apparatus of enumerative geometry, which allows you to check the correctness of the specified conditions, to the number of solutions and find the best graphics solution algorithm.

*Ильясова Ольга Борисовна – канд. техн. наук, доцент кафедры начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное направление научных исследований – многомерная исчислительная геометрия, конструирование поверхностей. Общее количество публикаций – 17. e-mail: ilyasovaolga@mail.ru*

*Шелков Иван Константинович – студент-исследователь факультета «НСТ» Основное направление исследований – многомерная исчислительная геометрия. Общее количество публикаций – 0. e-mail: ifan\_146@mail.ru*

УДК 519.863

## ОПИСАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ В УЧЕБНЫХ ПЛАНАХ С УЧЕТОМ ФГОС

И. М. Мальцев, К. А. Михайлов, Н. А. Михайлова

**Аннотация.** В статье рассматривается задача автоматического распределения часов самостоятельной работы студента в учебных планах с выполнением требований федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

**Ключевые слова:** учебный план, распределение часов самостоятельной работы, федеральный государственный образовательный стандарт.

### Введение

Одной из основных задач развития информационного общества в Российской Федерации является повышение качества образования на основе развития и использования информационных и телекоммуникационных технологий в образовательном процессе вуза [1].

В соответствии с изменениями в законодательстве в области образования российская высшая школа переходит на новую систему высшего профессионального образования. Для этого разработаны и утверждены новые федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования (ФГОС ВПО).

В основе всего учебного процесса лежит рабочий учебный план. В нем практически полностью описывается учебный процесс студента. Учебный план – документ, определяющий состав дисциплин, их распределение по годам обучения, недельное и годовое количество времени, отводимое на предмет. Так же план дает основную информацию, необходимую для подготовки и составления расписания.

Одним из механизмов проектирования рабочих учебных планов является распределение часов самостоятельной работы студента по курсам (семестрам) таким образом, чтобы с одной стороны набрать ровно 60 зачетных единиц за курс обучения, а с другой – обеспечить возможность не превышать 54 академических часа общей трудоемкости в неделю. В настоящей работе представлен алгоритм распределения часов самостоятельной работы, реализованный в электронных макетах учебных планов ВПО пакета Планы. Рассмотрим описание математической модели данной задачи.

### Математическая модель

Пусть в рабочем учебном плане имеется совокупность дисциплин, перенумерованных подряд индексами из множества

$I = \{1, 2, \dots, m\}$ , курсов  $K = \{1, 2, \dots, k_0\}$ , в каждом из которых ровно 2 семестра. Перенумеруем подряд семестры и введем множество

$N = \{1, 2, \dots, n\}$ ,  $n = 2k_0$ . Обозначим через  $x_{ij}$  – количество часов самостоятельной работы  $i$ -ой дисциплины в  $j$ -ом семестре. Тогда множество  $X = \{x_{ij}\}_{\substack{i \in I \\ j \in N}}$  полностью определяет

распределение часов самостоятельной работы обучающихся при изучении дисциплин.

Разобьем множество  $I$  на два подмножества  $I_1 \cup I_2$ , где  $I_1$  – совокупность индексов односеместровых дисциплин и дисциплин, у которых отсутствует самостоятельная работа, а  $I_2$  – совокупность индексов дисциплин, изучаемых в течение нескольких семестров (многосеместровых), для которых общий объем самостоятельной работы ненулевой. Пусть далее  $N_i$  – множество номеров семестров, в которых преподается  $i$ -ая дисциплина. Тогда  $\bigcup_{i \in I} N_i = \tilde{N}$  – множество всех номеров семестров, в которых есть теоретическое обучение.

Для каждого  $j \in \tilde{N}$  во множестве  $I_2$  выделим подмножество  $I_2^j$  номеров многосеместровых дисциплин, изучение которых ведется в  $j$ -ом семестре.

Введем следующие обозначения:

$Z^+$  – множество целых неотрицательных чисел,

$m_2$  – количество элементов во множестве  $I_2$ ,

$\tilde{n}$  – количество элементов во множестве  $\tilde{N}$ ,

$t_j$  – количество недель теоретического обучения в  $j$ -ом семестре,

$S_i$  – объем часов самостоятельной работы  $i$ -ой дисциплины,

$A_i$  – объем часов аудиторной работы  $i$ -ой дисциплины ( $A_i > 0$ ),

$a_{ij}$  – объем часов аудиторной работы  $i$ -ой дисциплины в  $j$ -ом семестре,

$e_{ij}$  – объем часов, отводимый на подготовку и сдачу экзамена по  $i$ -ой дисциплине в  $j$ -ом семестре,

$P_k$  – объем часов на  $k$ -ом курсе, отводимый на практики, научно-исследовательскую работу и итоговую государственную аттестацию.

Предположим, что пользователем для каждой дисциплины уже заданы общий объем часов, указаны аудиторские часы по видам занятий и распределены часы на экзамены. Тогда для односеместровых дисциплин объем часов самостоятельной работы однозначно определяется как разница между общим объемом часов и суммой аудиторной нагрузки и часов на экзамены. Следовательно, решение рассматриваемой задачи сводится к распределению часов самостоятельной работы по семестрам только для многосеместровых дисциплин. Будем считать, что  $x_{ij} = 0$ , если  $i$ -ая дисциплина не изучается в  $j$ -ом семестре.

Определим множество  $G$  допустимых решений. Для каждой многосеместровой дисциплины  $i \in I_2$  должны выполняться равенства

$$\sum_{j \in N_i} x_{ij} = S_i. \quad (1)$$

Учитывая требование ФГОС ВПО (см., например, [2]), которое состоит в том, что в каждом семестре недельная нагрузка студента не должна превышать 54 часа, получим

$$\sum_{i \in I_2^j} x_{ij} \leq B_j \text{ для любых } j \in \tilde{N}, \quad (2)$$

$$\text{где } B_j = 54 \cdot t_j - \sum_{i \in I_1} a_{ij} - \sum_{i \in I_1} x_{ij}.$$

С другой стороны, одна зачетная единица соответствует 36 часам и трудоемкость учеб-

ного года должна составлять 60 зачетных единиц (согласно требованию ФГОС ВПО [2]). Тогда, учитывая трудоемкость экзаменов, получаем ограничение

$$\sum_{i \in I_2^{2k-1}} x_{i2k-1} + \sum_{i \in I_2^{2k}} x_{i2k} = C_k \text{ для любых } k \in K, \quad (3)$$

где

$$C_k = 60 \cdot 36 - \left( \sum_{i \in I_1} (a_{i2k-1} + a_{i2k} + e_{i2k-1} + e_{i2k}) + \sum_{i \in I_1} (x_{i2k-1} + x_{i2k}) + P_k \right).$$

Учитывая не отрицательность переменных  $x_{ij}$ , имеем еще одно условие

$$x_{ij} \in Z^+, \quad \forall i \in I_2, j \in \tilde{N}. \quad (4)$$

Таким образом,  $G$  представляет собой множество всех матриц  $X = \{x_{ij}\}$ , элементы которых удовлетворяют (1)–(4). При этом будем считать, что множество  $G$  допустимых решений не пусто, то есть распределение часов самостоятельной работы возможно.

Для завершения построения математической модели рассматриваемой задачи необходимо формализовать критерий оптимальности:

$$f(x) = \sum_{i \in I_2} \sum_{j \in N_i} \left| \frac{x_{ij}}{S_i} - \frac{a_{ij}}{A_i} \right| \rightarrow \min. \quad (5)$$

Итак, задача автоматического распределения часов самостоятельной работы – это задача математического программирования с целевой функцией (5) и множеством допустимых решений  $G$ .

Вид ограничений и требование целочисленности, а также формулировка задачи позволяют рассматривать задачу автоматического распределения часов самостоятельной работы как задачу транспортного типа. Данная задача может быть отнесена к задачам управления запасами [3], [4]. Однако отсутствие стоимости «транспортировки» часов и нелинейный вид целевой функции не позволяют решить рассматриваемую задачу известными методами (например, методом потенциалов).

Для поставленной задачи построить начальное (опорное) решение методами задач транспортного типа (например, методом северо-западного угла) не всегда возможно. Следовательно, возникает необходимость привлечения иного математического аппарата. А именно, учитывая требование (4), система (6)

$$\begin{cases} \sum_{j \in N_i} x_{ij} = S_i, i \in I_2 \\ \sum_{i \in I_2^j} x_{ij} \leq B_j, j \in \tilde{N} \\ \sum_{i \in I_2^{2k-1}} x_{i2k-1} + \sum_{i \in I_2^{2k}} x_{i2k} = C_k \end{cases} \quad (6)$$

сводится к равносильной системе неравенств, которая решается известными методами векторной алгебры (см., например [5], [6]). Таким образом, полученное решение системы (6) с учетом требования (4), является опорным решением рассматриваемой задачи.

После того, как найдено начальное решение, применяется алгоритм, позволяющий найти оптимальное решение рассматриваемой задачи: метод направленного перебора, разработанный для данной задачи и основанный на некоторых шагах метода потенциалов [7]. Данный алгоритм позволяет быстро найти оптимальное решение задачи распределения часов самостоятельной работы в области допустимых решений.

*Описание алгоритма поиска оптимального решения задачи распределения часов самостоятельной работы:*

Шаг 1. Учитывая вид элементов области допустимых решений  $G$ , формируем прямоугольную распределительную таблицу размером  $(m_2 + 1) \times (\tilde{n} + 1)$ :

переносим в ячейки таблицы аудиторные часы по каждой дисциплине в соответствующем семестре;

клетка таблицы с номером  $(i, j)$ ,  $i = 1, \dots, m_2$ ,  $j = 1, \dots, \tilde{n}$  содержит информацию о часах самостоятельной работы по  $i$ -ой дисциплине в  $j$ -ом семестре. При этом если  $i$ -ая дисциплина не изучается в  $j$ -ом семестре, то клетка  $(i, j)$  будет называться запрещенной;

для каждой дисциплины в столбце  $\tilde{n} + 1$  указываем общий объем часов самостоятельной работы и для каждого семестра в строке  $m_2 + 1$  записываем количество "свободных" часов (разница  $B_j - \sum_{i \in I_2^j} x_{ij}$ ).

Шаг 2. Находим начальное допустимое решение  $X$  и записываем его в распределительную таблицу. Вычисляем значение целевой функции  $f = f(X)$ .

Шаг 3. Находим очередное допустимое решение. Для этого в распределительной таб-

лице выбираем первую клетку  $(i, j)$ :  $i := 1, j := 1$ .

Шаг 4. Если выбранная клетка  $(i, j)$  запрещенная, переходим к шагу 11, если нет, то к шагу 5.

Шаг 5. Строим цикл, содержащий выбранную клетку (циклом в распределительной таблице называется ломаная линия, вершины которой расположены в незапрещенных клетках таблицы, а звенья вдоль строк и столбцов, причем в каждой вершине цикла встречается ровно два звена, одно из которых находится в строке, а другое в столбце [8]). Начиная с выбранной клетки, нумеруем все вершины цикла и помечаем нечетные вершины знаком минус, а четные – знаком плюс.

Шаг 6. Для всех клеток со знаком минус проверяем условие  $x_{ij} > 0$ . Если условие выполняется, переходим к шагу 7, иначе к шагу 10.

Шаг 7. Вычитаем 1 из клеток со знаком минус и прибавляем к клеткам со знаком плюс. Получаем новое допустимое решение  $X_1$ .

Шаг 8. Вычисляем значение целевой функции  $f_1 = f(X_1)$ .

Шаг 9. Сравниваем  $f$  и  $f_1$ . Если  $f_1 < f$ , тогда  $X := X_1$  и возвращаемся к шагу 7.

Шаг 10. Если в распределительной таблице еще не все клетки просмотрены, то есть  $i \leq m_2$  и  $j < \tilde{n}$ , переходим к следующей клетке (шаг 11). Если просмотрены все клетки распределительной таблицы, то переходим к шагу 12.

Шаг 11. Если  $j < \tilde{n}$ , тогда  $j := j + 1$ . Если  $j = \tilde{n}$ ,  $i < m_2$ , тогда  $i := i + 1, j := 1$  и переходим к шагу 4. Если  $j = \tilde{n}$ ,  $i = m_2$ , то возвращаемся к шагу 3.

Шаг 12. Проверяем условие  $|f - f_1| < \varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – некоторая заданная величина отклонения. Если условие не выполняется, переходим к шагу 3.

Шаг 13.  $X$  – искомое оптимальное решение. Распределение часов самостоятельной работы выполнено.

#### Заключение

Описанный выше алгоритм успешно реализован в электронных макетах рабочих учебных планов интегрированного пакета PLANU [9], [10]. На многочисленных семинарах, проводимых на базе Южно-Российского государственного университета экономики и сервиса, данный метод показал высокую эф-

фективность при проектировании учебных планов ВУЗов (в том числе МГУ им. Ломоносова, МГТУ им. Баумана, ЮФУ и др.) по любым направлениям и специальностям.

### Библиографический список

1. "Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации". Утверждена Президентом РФ В. В. Путиным 07.02.2008. №Пр-212.
2. Электронный каталог государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО). Режим доступа: [http://www.edu.ru/db/portal/spe/archiv\\_new.htm](http://www.edu.ru/db/portal/spe/archiv_new.htm) свободный – Загл. с экрана.
3. Бахтин, А. Е. Дискретные задачи производственно-транспортного типа. / А. Е. Бахтин, А. А. Колоколов, З. В. Коробкова. – Новосибирск: Наука, 1978. – 160 с.
4. Хемди А. Таха. Введение в исследование операций, 7-е издание. Пер. с англ./ Хемди А. Таха – М.: Изд. дом «Вильямс», 2005. – 912 с.
5. Зоркальцев, В. И. Системы линейных неравенств. Учебное пособие./ И. В. Зоркальцев, М. А. Киселев. – Иркутск: ИГУ, 2007. – 99 с.
6. Черников, С. Н. Линейные неравенства. / С. Н. Черников. – М.: Наука, 1968. – 400 с.
7. Вентцель, Е. С. Исследование операций. / Е. С. Вентцель. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
8. Грешилов, А. А. Прикладные задачи математического программирования: Учебное пособие. – 2-е изд. / А. А. Грешилов. – М.: Логос, 2006. – 288 с.
9. Мальцев И. М. Развернутое руководство по использованию программного комплекса PLANU. [Электронный ресурс] / Лаборатория ММИС. – Режим доступа: <http://www.mmis.ru/Portals/0/Planu.pdf>, свободный– Загл. с экрана.
10. Как распределить часы самостоятельной работы по семестрам (2007). [Электронный ресурс] / Лаборатория ММИС. – Режим доступа:

<http://www.mmis.ru/Portals/0/DOC/RCSRE.doc>, свободный– Загл. с экрана.

### DESCRIPTION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE DISTRIBUTION HOURS OF INDEPENDENT WORK IN THE LEARNING PLAN, IN LIGHT OF FGOS

I. M. Maltsev, K. A. Mikhailov,  
N. A. Mikhailova

In article the problem of independent working hours allocation in curriculum in accordance with federal state educational standard of higher vocational education is considered.

*Мальцев Игорь Михайлович – кандидат физико-математических наук, доцент, проректор по информационным технологиям, заведующий кафедрой «Математика» Южно-Российского государственного университета экономики и сервиса, математическое моделирование и информационные системы, 158 публикаций, e-mail: [planu@rambler.ru](mailto:planu@rambler.ru)*

*Михайлов Константин Андреевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Математика» Южно-Российского государственного университета экономики и сервиса, математическое моделирование и информационные системы, 10 публикаций, e-mail: [kostya\\_bah@mail.ru](mailto:kostya_bah@mail.ru)*

*Михайлова Наталья Александровна – программист, Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса, математическое моделирование и информационные системы, 5 публикаций, e-mail: [natalymich@mail.ru](mailto:natalymich@mail.ru)*

УДК 681.3

### РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА АВТОТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

А. М. Пуртов

**Аннотация.** Разработан способ применения геоинформационных систем и метода редукции графов для анализа маршрутов в транспортных сетях. Технология демонстрируется на примере анализа популярного маршрута г. Омска. Приведен пример построения ГИС - карты графа задержек на маршруте. Методом редукции графов получены оценки влияния задержек на время прохождения маршрута. Результаты анализа изображены на ГИС - карте графа задержек.

**Ключевые слова:** автотранспортная сеть, геоинформационные системы, ГИС-карта задержек, метод редукции графов, анализ маршрутов.

### Введение

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 12-07-00149-а.

Большинство крупных городов имеют проблемы с организацией автодорожного движения. Это связано с опережающим увеличением количества автотранспорта по сравнению с развитием сети дорог. Поэтому актуальны задачи анализа как существующей ситуации с целью ее улучшения, так и последствий принятия решений, влияющих на ее изменение. Современные информационные технологии и математические методы имеют большой потенциал для решения самых сложных задач. Для использования этого потенциала необходимо разработать способы применения и интеграции различных методов при анализе конкретных систем.

Технологии геоинформационных систем (ГИС) приобретают все большую популярность и используют лучшие достижения в таких областях, как компьютерная графика, программно-технические средства для сбора, обработки, организации, визуализации данных [1]. Интеграция ГИС и математических методов позволяет повысить качество анализа данных [2].

ГИС имеют широкое применение для визуализации сетей дорог, анализа транспортных проблем. В [3] выделяются следующие основные направления использования ГИС на транспорте.

1. Управление имуществом терминальных комплексов.
2. Управление парком транспортных средств.
3. Построение и оптимизация маршрутов на существующей дорожной сети.
4. Мониторинг состояния дорожного полотна и планирование ремонтов.
5. Навигация.
6. Информационные услуги населению.

Представляемая работа связана с третьим направлением. Разрабатываемые автором статьи технология и информационно-аналитическая система (GisAuto) ориентированы на анализ времени прохождения маршрутов для оперативного управления движением и стратегического планирования развития транспортной сети.

Можно выделить следующие основные этапы создания и использования ГИС для транспортной сети крупного города.

1. Паспортизация дорог, построение ГИС-карты, сбор и занесение статических данных в базу данных.
2. Сбор и отображение на карте динамических данных о ситуациях на дорогах.

3. Анализ данных, отображение результатов на карте, генерация информации для принятия решений.

ГИС-карта дорог является основой для накопления и отображения информации, важной для различных служб и областей деятельности (реестр ресурсов, транспорт, полиция, перевозка грузов и др.). Первый этап пройден во многих технологически развитых регионах России.

Задачи второго этапа тесно связаны с задачами третьего этапа. Цели анализа определяют конкретный набор собираемых данных, значения которых часто зависят от времени. В регионах, прошедших первый этап, создаются приложения, ориентированные на конкретных пользователей. Например, стали популярными Яндекс - карты, показывающие пробки на картах дорог городов.

На третьем этапе первичные данные, полученные на первых двух этапах, обрабатываются методами геоанализа, специфичными для ГИС. Основными операциями геоанализа являются: выборка данных, раскраска объектов на карте в зависимости от значений параметров, наложение слоев, визуальный анализ данных, разработка рекомендаций для принятия решений.

Для геоанализа можно использовать результаты обработки первичных данных (вторичные данные). Для получения вторичных данных из первичных могут использоваться математические методы. Например, фирма ESRI, самый известный разработчик технологий, программного обеспечения для ГИС, наряду с основными модулями ArcGIS предоставляет дополнительные, ориентированные на обработку первичных данных, решение задач оптимизации. Например, модуль ArcGIS Network Analyst позволяет разрабатывать модели транспортных сетей и решать ряд известных задач на графах (выбор оптимального маршрута, анализ времени прохождения маршрута и др.). Разумеется, в одном модуле невозможно интегрировать многочисленные полезные наработки для решения сетевых задач.

В разрабатываемой системе GisAuto используются методы ГИС, имитационного моделирования, редукции графов, таксономии. Эффективность перечисленных методов показана автором статьи при выполнении следующих работ:

- анализ компьютерных сетей [4, 5];
- разработка ГИС - карты археологических памятников Омской области [6];

- использование визуальной таксономии для анализа социально-экономических показателей регионов России [7].

Разработанная технология анализа времени прохождения маршрутов состоит из следующих основных этапов.

1. Построение ГИС - модели задержек на основных маршрутах города. Задержки происходят на перекрестках, светофорах, пешеходных переходах.

2. Построение на ГИС - карте графов маршрутов.

3. Сбор данных о задержках. На этом этапе могут быть использованы экспертные, расчетные оценки, результаты наблюдений, имитационного моделирования.

4. Анализ маршрутов методом редукции графов. В результате получают коэффициенты, показывающие влияние каждой задержки на общую задержку при прохождении маршрута.

5. Использование метода таксономии для комплексного (по нескольким параметрам) анализа задержек.

6. Отображение на ГИС - карте задержек (вершин графа) таким образом, чтобы показать степень их влияния на время прохождения маршрута.

7. Анализ полученных результатов. Выявление задержек и участков, оказывающих наибольшее влияние на время прохождения маршрута.

8. Микроанализ выявленных проблемных участков (проведение дополнительных наблюдений, имитационное моделирование [8]).

В статье показаны возможности GisAuto на примере анализа одного из популярных омских маршрутов.

### 1. ГИС-модель задержек

ГИС-модель задержек на дорогах разрабатывается с целью предоставления первичных данных для анализа транспортных сетей различными методами (математические методы, аналитическое и имитационное моделирование, геоанализ). Основными объектами модели являются задержки и участки дорог. Выделены следующие типы задержек: перекресток, светофор, пешеходный переход. Остановки пассажирского транспорта в модели не учитываются. Если на переходе имеется светофор, задержка на нем относится к типу «светофор». Если перекресток оборудован светофорами, задержки на нем относятся к типу «перекресток». Участки дорог соединяют

задержки. Задержка имеет следующие статические параметры:

- уникальный идентификатор (название задержки);

- тип задержки;

- координаты на карте;

- описание местонахождения.

Участок дороги имеет следующие статические параметры:

- уникальный идентификатор;

- идентификатор начальной задержки;

- идентификатор конечной задержки;

- качество дороги;

- длина участка;

- количество полос;

- комментарий.

Динамические параметры задержкам и участкам дорог задаются в зависимости от целей и методов анализа транспортной сети. Например, при использовании метода редукции графов задержке задаются оценки математического ожидания  $T_i$  и дисперсии  $D_i$  времени задержки. Участку дороги в этом случае задается оценка вероятности перехода от одной задержки к другой  $P_{ij}$ .

Время задержек в одном месте, но в разных направлениях движения может сильно различаться. Подробные модели задержек (перекрестков) используются при микроанализе, например, с помощью имитационной модели. На уровне транспортной сети города использовать детальные модели задержек не всегда целесообразно. В ГИС-модели все реальные задержки в одной точке отображаются одной задержкой. Таким образом, модель любого перекрестка состоит из одной задержки. При необходимости можно построить более подробную модель, но в этом случае возрастет в несколько раз размерность задачи.

В левой части рисунка 1. приведена ГИС-карта задержек, разработанная средствами GIS ArcView студенткой СибАДИ Дадаходжаевой З.С. при выполнении дипломной работы. Для нанесения задержек и участков дорог на ГИС-карту использовался слой улиц г. Омска. Точками на карте обозначены задержки. Участки дорог отображены соединяющими задержки линиями. На карте представлены задержки и участки дорог на некоторых основных магистралях г. Омска (всего около 300 задержек и около 600 участков дорог). Основная цель создания карты заключалась в апробации и демонстрации представляемой в статье технологии.

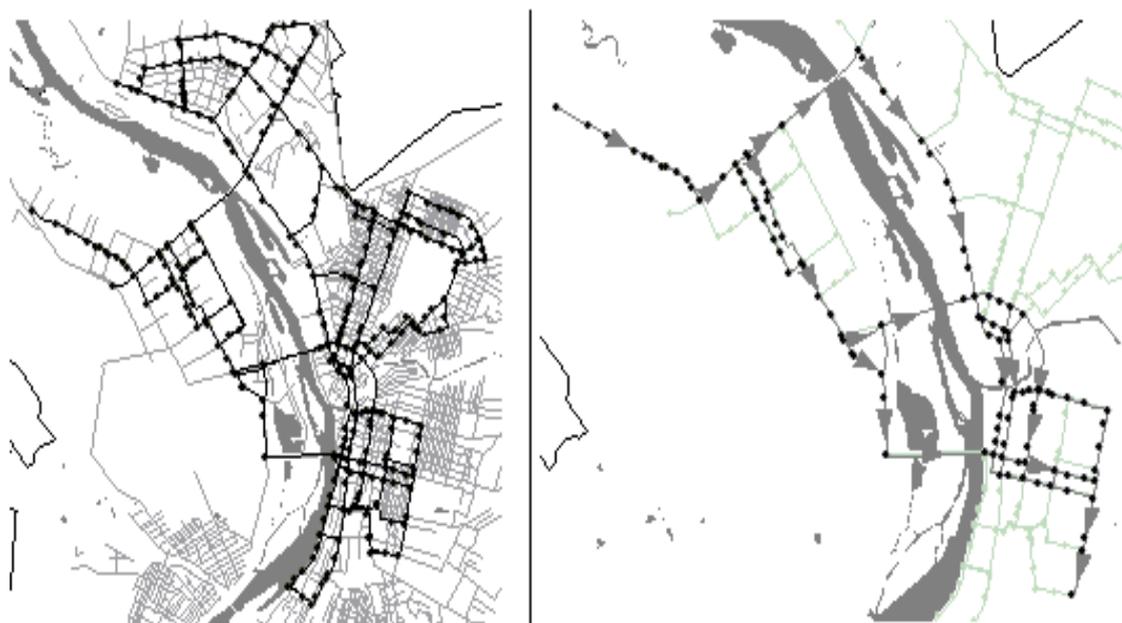


Рис. 1. ГИС-карта задержек и граф маршрута

## 2. ГИС-карта графа маршрута

При прохождении маршрута из точки А в точку Б могут использоваться разные пути следования. Для представления маршрута используем ориентированный граф, имеющий множество вершин  $S=\{S_i\}$  и множество переходов  $B=\{B_{ij}\}$ , где  $i, j$  – номера вершин. Начальная вершина графа соответствует началу маршрута, конечная – окончанию. Вершины соответствуют задержкам при прохождении маршрута. Граф имеет одну начальную вершину, в которую нельзя перейти из других вершин, и одну конечную вершину, из которой нельзя перейти к другим вершинам.

Для демонстрации технологии системы GisAuto использован популярный омский маршрут п. Солнечный – завод Баранова, граф которого представлен в правой части рисунка 1. Граф построен при выполнении дипломной работы студенткой СибАДИ Маковицкой М. В. Стрелки показывают направления перемещения по маршруту, точки обозначают вершины графа (задержки). Граф строится следующим образом.

1. Выбираются точка А (первая задержка на маршруте) и точка Б (последняя задержка на маршруте).

2. На ГИС-карте задержек выбираются те задержки и участки дорог, по которым обычно

движется автотранспорт из точки А в точку Б (маршрут АБ).

3. Из выбранных объектов средствами GIS ArcView автоматически создаются слой задержек и слой участков дорог, относящихся к маршруту АБ. Слои отображаются на ГИС-карте. В результате получается граф маршрута АБ, вершины которого имеют географическую привязку.

Построенный граф можно использовать для разных целей и обрабатывать разными методами. В GisAuto для оценки времени задержки при прохождении маршрута предлагается использовать метод редукции графов. Метод разработан сотрудником ОмГТУ Задорожным В. Н. [9], запрограммирован на C++ автором статьи.

Суть метода заключается в следующем. Для каждой вершины графа  $S_i$  задаются параметры:

- $T_i$  - математическое ожидание времени  $i$ -ой задержки;
- $D_i$  - дисперсия времени  $i$ -ой задержки.

Переход  $B_{ij}$  имеет параметр  $P_{ij}$  - вероятность перехода от  $S_i$  к  $S_j$ .

Эти данные задаются на входе программы свертки графа. Свертка графа реализуется с помощью разработанных упрощающих подстановок. Две из таких подстановок приведены на рисунке 2 (всего их 8).

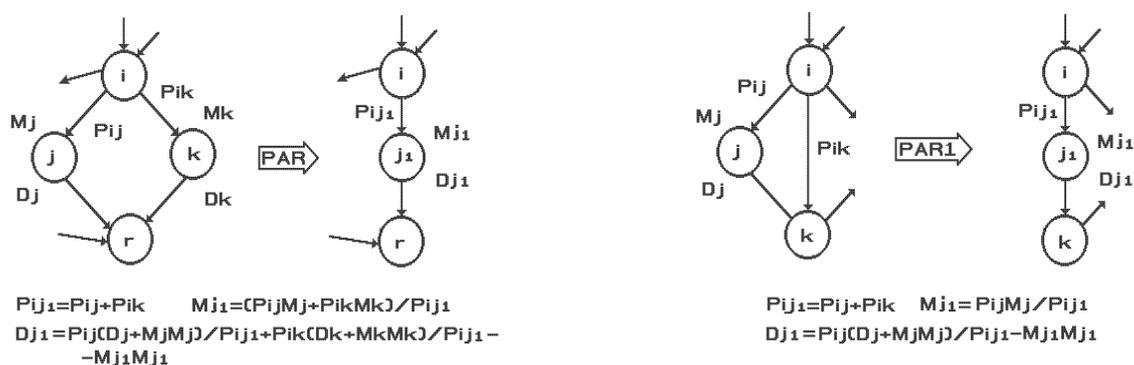


Рис. 2. Примеры упрощения и свертывания

В результате редукции графа получаем:

- $T$  – математическое ожидание общего времени задержек при прохождении маршрута из точки А в точку В;
- $D$  – дисперсия  $T$ ;
- 10 коэффициентов, позволяющих, оценить влияние параметров задержек и вероятностей переходов на  $T$  и  $D$ .

В качестве параметров исходного графа часто задаются оценки  $T_i, D_i, P_{ij}$ , которые могут быть получены в результате наблюдений, экспертных оценок, моделирования. В этом случае в результате редукции графа получаются оценки соответствующих коэффициентов и параметров  $T$  и  $D$ .

Наиболее простой и физически объяснимой интерпретацией обладают абсолютный коэффициент чувствительности  $T$  к  $T_i$  ( $Ka[T, T_i]$ ) и относительный коэффициент чувствительности  $T$  к  $T_i$  ( $Kb[T, T_i]$ ). Дело в том, что при предположении о независимости параметров исходного графа  $Ka[T, T_i]$  представляет собой вероятность реализации задержки  $T_i$ . В этом случае выполняется равенство:

$$T = \sum Ka[T, T_i] T_i$$

Разделив обе части равенства на  $T$ , получаем, что сумма  $Kb[T, T_i]$  равна 1. Таким образом, коэффициент  $Kb[T, T_i]$  показывает в долях от 1 вклад задержки  $T_i$  в общую задержку  $T$ . Учитывая свойства  $Kb[T, T_i]$ , будем называть его коэффициентом значимости задержки. Другие коэффициенты чувствительности не имеют такой простой интерпретации. Тем не менее, они иногда оказываются полезными для оценки влияния параметров  $T_i, D_i, P_{ij}$  на  $T$  и  $D$ .

Автор статьи использовал метод редукции графов для сокращения имитационных экспериментов при анализе времени передачи данных в компьютерных сетях [4, 5]. В 1994 г.

была предложена идея использования этого метода для анализа транспортных сетей [10].

### 3. Анализ маршрута в GisAuto

Основная цель анализа маршрута состояла в апробации технологической цепочки GisAuto. Объектом для анализа был маршрут, граф которого показан на рис. 1. Анализ заключался в сравнительной оценке задержек с точки зрения степени их влияния на время прохождения маршрута.

Значения параметров графа  $T_i, D_i, P_{ij}$  задавались на основе наблюдений и приближительной оценки ситуаций, происходящих на маршруте. На стадии разработки технологии не требуются точные значения параметров. При анализе маршрутов в практической деятельности определение параметров  $T_i, D_i, P_{ij}$  может оказаться сложной задачей, т.к. их значения зависят от времени суток, времени года, текущей ситуации в городе.

После задания на входе программы редукции графов (COIN1) значений  $T_i, D_i, P_{ij}$ , на выходе программы были получены оценки среднего времени общей задержки на маршруте ( $T=980c$ ), дисперсии общей задержки ( $D=9950$ ), 10 коэффициентов чувствительности  $T$  и  $D$  к  $T_i, D_i, P_{ij}$ . Если к  $T$  добавить среднее время проезда по маршруту без задержек (расстояние, примерно, 20км, скорость 40км/час), получим, что среднее время прохождения маршрута с учетом задержек составляет, примерно, 45мин. При отсутствии пробок эта цифра вполне соответствует реальной. Таким образом, даже при невысоких требованиях к точности исходных данных, получают хорошие оценки времени прохождения маршрута.

На рисунке 3 задержки изображены в зависимости от значений коэффициентов  $Kb[T, T_i]$ . В левой части рисунка показан весь граф, в правой части изображена увеличен-

ная центральная часть города. На рисунке чем больше  $Kb[T, T]$ , тем крупнее точка (данные разбиты на 3 категории). Рисунок на уровне города наглядно показывает степень влияния каждой из задержек на общую задержку при прохождении маршрута. Кресты показывают задержки, оказывающие наибольшее влияние на время прохождения маршрута. Это перекрестки улиц Дианова и

Лукашевича, Красный путь и Фрунзе, Б.Хмельницкого и Маяковского. Полученные результаты хорошо совпадают с тем, что мы наблюдаем в реальности. Но главная ценность моделей состоит не в возможности объяснить настоящее а в том, что они позволяют отвечать на вопросы о последствиях изменения параметров.



Рис. 3. Коэффициенты значимости для маршрута

В статье приведена раскраска задержек только по одному параметру. Технология ГИС позволяет изобразить задержки в зависимости от любого набора данных. Это дает большие возможности визуального анализа проблем.

В дальнейшем полученные коэффициенты чувствительности использовались для анализа задержек методами визуальной и автоматической таксономии. Использование таксономии (классификации, кластеризации) позволяет при определении значимости задержек использовать сразу несколько параметров.

На основе анализа одного из проблемных перекрестков (перекресток улиц Дианова и Лукашевича) была разработана имитационная модель, ориентированная на исследование задержек на микроуровне.

#### Заключение

Разрабатываемая система находится в состоянии развития, но уже сейчас позволяет решать задачи анализа времени прохождения автотранспортных маршрутов. В GisAuto используются как известные методы, так и оригинальные (модифицированный метод редукции графов В. Н. Задорожного, авторский ме-

тод визуальной таксономии с использованием ГИС). Сочетание методов редукции графов и ГИС позволяет даже при не очень критичном к точности и трудоемком определении исходных данных получить достаточно объективное отображение проблемных участков маршрутов. Разработанная технология может быть использована в организациях, связанных с планированием транспортных сетей и управлением дорожным движением в г. Омске и других крупных городах.

#### Библиографический список

1. Мызникова Т. А., Пуртов А. М. Геоинформационные системы: учеб. пособие. Омск: Изд-во СибАДИ, 2003. – 52с.
2. Пуртов А. М. Интеграция технологии ГИС и метода редукции графов для анализа транспортных сетей // Омский научный вестник. – 2011. – № 1 (97). – С. 164–168.
3. Андрианов В. ГИС и транспорт // журнал ArcReview. – 2007. – № 3 (42). – С. 1-2.
4. Пуртов А. М. Анализ производительности сетей ЭВМ на графах и имитационных моделях.: Автореф. дис. канд. техн. наук / – Новосибирск, 1995. – 17с.
5. Задорожный В. Н., Пуртов А. М. Анализ чувствительности в имитационном моделировании

сетей массового обслуживания // Омский научный вестник.- 2005. – № (33). – С. 165-171.

6. Пуртов А. М., Татауров С. Ф., А. В. Шлюшинский Разработка ГИС «Археологические памятники юга Западной Сибири». // Омский научный вестник.- 2006. – № 7(43). – С. 136-139.

7. Пуртов А. М., Использование ГИС-технологии и таксономии для визуального анализа данных о субъектах РФ// Знания-Онтологии-Теории (ЗОНТ-09): материалы конф. с междун. участием. Т.2. (Новосибирск, 22-24 окт. 2009г.). – Новосибирск: Изд-во ИМ СО РАН, 2009.- С. 207-211.

8. Долгушин Д. Ю., Мызникова Т. А. Имитационное моделирование автотранспортных потоков для оценки альтернативных схем организации дорожного движения в городских условиях // Вестник СибАДИ. – 2011. – № 2 (20). – С. 47-51.

9. Задорожный В. Н., Мызникова Т. А. Рекурсивный анализ чувствительности для метода Байцера.- Деп. в ВИНТИ, 1988, N5490-B88.

10. PurtoV A. M., Tokarev Yu. P., Shaptsev V. A., Shulman V.B. Computer Tool for Designing and Analysis of Transport Networks (WTRANS).-In: TRISTAN II: Proc. of the TRIennial Symposium on Transportation ANalysis, Capri, Italy, June, 23-28, 1994, p.401-405.

## **DEVELOPMENT OF GEOINFORMATION SYSTEM FOR THE ANALYSIS OF AUTO-TRANSPORT NETWORKS**

A. M. PurtoV

The way of application of geoinformation systems and a method of a reduction of graphs is developed for the analysis of routes in transport networks. The technology is shown on examples of the analysis of popular routes of Omsk. The example of construction GIS - maps the graph of delays on a route is resulted. The method of a reduction of graphs receives estimations of influence of delays on the time of travel on a route. Results of the analysis are represented on GIS - maps the graph of delays.

*Пуртов Андрей Михайлович - кандидат технических наук, доцент, с.н.с. лаб. МППИ ОФ ИМ СО РАН. Основные направления научной деятельности: Геоинформационные системы, имитационное моделирование, компьютерные сети, автотранспортные сети, методы принятия решений. Общее количество опубликованных работ: 40. e-mail: andr.purtov@yandex.ru*

## РАЗДЕЛ IV

# ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

---

УДК: 334.7

### КОНСОЛИДАЦИЯ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА В ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ БИЗНЕС-СООБЩЕСТВА КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ СНИЖЕНИЯ ТРАНСАКЦИОННЫХ ИЗДЕЖЕК

В. Н. Елкина

**Аннотация.** Статья посвящена проблемам, с которыми сталкиваются субъекты малого и среднего бизнеса при реализации продукции, использовании производственных услуг, вступлении во взаимоотношения с органами власти и партнерами по бизнесу, отстаивании своих прав в судебных инстанциях. Эти и многие другие трудности, а также непрозрачность рыночных отношений и отсутствие необходимой информации приводят к росту транзакционных издержек. В статье определены такие понятия как «консолидация», «бизнес-сообщество» и проведен анализ классификаций транзакционных издержек. В рамках данной статьи предложена концепция консолидации субъектов малого и среднего бизнеса в территориальные бизнес-сообщества. В заключении даются конкретные рекомендации снижения транзакционных издержек, что является одной из наиболее актуальных задач устойчивого развития малого и среднего бизнеса.

**Ключевые слова:** бизнес-сообщества; консолидация малого и среднего бизнеса; транзакционные издержки.

#### Введение

В условиях рыночных отношений субъекты малого и среднего бизнеса (далее МСБ) не могут успешно функционировать без создания системы управления затратами, позволяющей решать проблемы рационального использования их производственного потенциала. Сбои в хозяйственном механизме зачастую связаны с такими причинами, как неэквивалентный обмен товарами и услугами, расхождение экономических интересов у партнеров, несоответствие прав и ответственности и др., что наиболее остро отражается на работе [16 С.18]. Проявляются они в трудностях, с которыми предприятия МСБ встречаются при реализации продукции, использовании производственных услуг, вступлении во взаимоотношения с органами власти и партнерами по бизнесу, отстаивании своих прав в судебных инстанциях. Эти проблемы, а также непрозрачность рыночных отношений и отсутствие необходимой информации приводят к росту транзакционных издержек, на долю которых приходится свыше четверти общих затрат. Поэтому их сокращение, оптимизация и управление представляют актуальное и весьма существенное направление в снижении

себестоимости продукции, росте прибыли и рентабельности бизнеса.

#### Основная часть

Развитие институтов, содействующих сокращению транзакционных издержек, представляет суть экономического реформирования. Еще в дореволюционной России уделялось огромное внимание становлению экономических институтов, способствующих сокращению транзакционных издержек (например, кооперативы). В настоящее время снижение транзакционных издержек является одной из наиболее актуальных задач устойчивого развития МСБ, что требует серьезного теоретического обоснования.

Прежде чем перейти к пониманию того как консолидация МСБ в территориальные бизнес-сообщества может повлиять на снижение транзакционных издержек, приведем анализ классификаций транзакционных издержек и определим само понятие «консолидация».

Какова же экономическая сущность транзакционных издержек? Р. Коуз трактует их как «издержки сбора и обработки информации, издержки проведения переговоров и принятия решений, издержки контроля и юридической защиты выполнения контракта» [7 С.94]. К.

Эрроу определяет транзакционные издержки как издержки эксплуатации экономической системы и сравнивает их действие в экономике с действием трения в физике [17 С. 20]. Чем ближе экономика к модели общего равновесия Вальраса, тем ниже в ней уровень транзакционных издержек, и наоборот. В трактовке Д. Норта транзакционные издержки «состоят из издержек оценки полезных свойств объекта обмена и издержек обеспечения прав и принуждения к их соблюдению» [11 С.45]. Эти издержки служат источником для функционирования социальных, политических и экономических институтов.

В. В. Радаев определяет транзакционные издержки, как «издержки, связанные с входом на рынок и выходом с рынка, доступом к ресурсам, передачей, спецификацией и защитой прав собственности, заключением и обслуживанием деловых отношений» [13 С. 5]. Они включают расходы на следующие виды операций:

- получение доступа к ресурсам и правам собственности (регистрация предприятия, лицензирование деятельности, права на аренду помещений и доступ к коммуникационным сетям, доступ к кредитам и лизингу оборудования);

- получение прав на использование ресурсов и прав собственности (права на производство, продажу, передачу, потребление);

- оценка ресурсов и прав собственности (изменение организационно-правовых форм, бухгалтерский учет, аудиторские услуги, маркетинговые услуги);

- защита ресурсов и прав собственности (исключение конкурентов, юридические услуги, охрана бизнеса);

- поиск и отбор партнеров (реклама, презентации, сбор информации о партнерах, проверка их платежеспособности);

- заключение деловых соглашений и контроль за их соблюдением (ведение переговоров, оформление сделок и контрактов);

- поддержание деловых соглашений и применение санкций против нарушителей (согласование и корректировка соглашений, предоставление дополнительных льгот, обращение в арбитраж, взыскание долгов).

Современные экономисты в качестве основных рассматривают обычно следующие функциональные группы транзакционных издержек (Таблице 1.) [4 С.132].

Таблица 1 - Транзакционные издержки участников рынка

<b>Тип транзакционных издержек</b>	<b>Классификация</b>
Поиск информации	Затраты времени и ресурсов, необходимых для поиска покупателей и продавцов соответствующих товаров. Потери, связанные с неполнотой и несовершенством приобретаемой информации.
Ведение переговоров	Затраты на ведение переговоров, заключение и оформление контрактов.
Измерения	Затраты на измерительную технику, оценку качества товара.
Спецификация и защита прав собственности	Затраты на содержание судов, арбитража, государственных органов. Затраты времени и ресурсов, необходимых для восстановления нарушенных прав.
Издержки оппортунистического поведения	Моральный риск, когда в договоре одна сторона полагается на другую, а получение информации о ее поведении требует больших издержек. Вымогательство – потери, возникающие в ситуации «незаменимости» покупателя- продавца.
Издержки политизации	Издержки, сопровождающие принятие решений внутри организаций (издержки коллективного принятия решения и издержки влияния).

Следует отметить, что каждый вид по своему оттеняет проблемы обмена, с которыми сталкиваются экономические агенты.

Таким образом, под транзакционными издержками следует понимать экономическую оценку потерь, возникающих в процессе коорди-

нации деятельности экономических агентов. Место и значение транзакционных издержек в общей структуре затрат субъектов МСБ характеризует схема (рис. 1.)

Фактором возникновения транзакционных издержек является недоступность информации для экономических агентов. Поэтому повышается значение информационных элементов рыночной инфраструктуры, неразвитость которых так и будет продолжать «провоцировать» рост транзакционных издержек. Незнание источника информации и ее несовершенство удлиняют цепочку посреднических транзакций, увеличивая, таким образом, транзакционные издержки в конечной стоимости продовольственных продуктов. Все это свидетельствует об отсутствии условий для эффективных сделок. Транзакционные издержки выражают «цену, которую платит любая экономическая система за несовершенство своих рынков» [10 С.79].

Чем ближе экономика к модели общего равновесия Вальраса, тем ниже в ней уровень транзакционных издержек, и наоборот. Например, отсутствие института, регулирующего коммерческий кредит, выражается транзакционными издержками в форме неплатежей; отсутствие института арбитража ведет к издержкам неисполнения контракта и т.д. Именно таким образом транзакционные издержки формируют общественный спрос на институты, а также служат источником для функционирования социальных, политических и экономических институтов. Поэтому «в научном обосновании любой экономической реформы, изменяющей в первую очередь именно институциональные факторы экономической жизни, необходимо допущение и определение мер, направленных к минимизации положительных транзакционных издержек» [9 С.96].



Рис. 1. Место транзакционных издержек в общей структуре затрат субъектов МСБ

В современных научных исследованиях, посвященных развитию МСБ, указанные выше проблемы и их решение не рассматриваются в консолидированном аспекте.

Приведем различные определения консолидации, например, в Большом энциклопедическом словаре *консолидация* означает упрочение, укрепление чего-либо; объединение, сплочение отдельных лиц, групп, организаций для усиления борьбы за общие цели.

В словаре бизнес-терминов *консолидация* – это, во-первых, объединение, сплочение отдельных лиц, групп, организаций для усиления борьбы за общие цели и интересы; во-вторых, слияние, объединение финансовых ресурсов нескольких компаний, в-третьих, ме-

тод, используемый при подготовке бухгалтерского баланса.

В толковом словаре, в разделе финансы *консолидация* трактуется как увеличение номинальной цены акций компании в результате замены определенного количества акций более низкого номинала на одну с более высоким номиналом [15]. В политической науке [12] и в Большом юридическом словаре [2] *консолидация* трактуется одинаково как вид систематизации законодательства.

В словаре иностранных слов *консолидация* означает - сплочение, объединение каких-либо сил для усиления борьбы за общие цели. [14].

У этого термина существуют и другие зна-

чения, например, *консолидация в бухгалтерском учете* - это сведение бухгалтерских данных при подготовке сводного отчёта; *консолидация перелома (в медицине)*— процесс сращения перелома (образования костной мозоли); *консолидация грузов*— объединение грузов нескольких разных отправителей для последующей их транспортировки одним транспортом; *консолидация образца*— деформация образца материала во времени от приложенной нагрузки; *консолидация памяти*— процесс перехода информации из кратковременной памяти в долговременную.

Мы предлагаем авторскую трактовку *консолидации* применительно к бизнес-

сообществу, под которым понимаются процессы координации, слияния и объединения возможностей субъектов малого и среднего бизнеса, направленные на долгосрочные отношения. Это не механическое объединение предприятий МСБ, оно основывается на сохранении жизнеспособности и ответственности каждого звена за выполнение свойственных им функций. Круг целей и задач, а также сферы ответственности консолидированных сообществ расширяются, что ставит новые задачи перед менеджментом таких объединений. В рамках данной статьи предложена концепция консолидации субъектов МСБ в территориальные бизнес-сообщества (Рис. 2.).

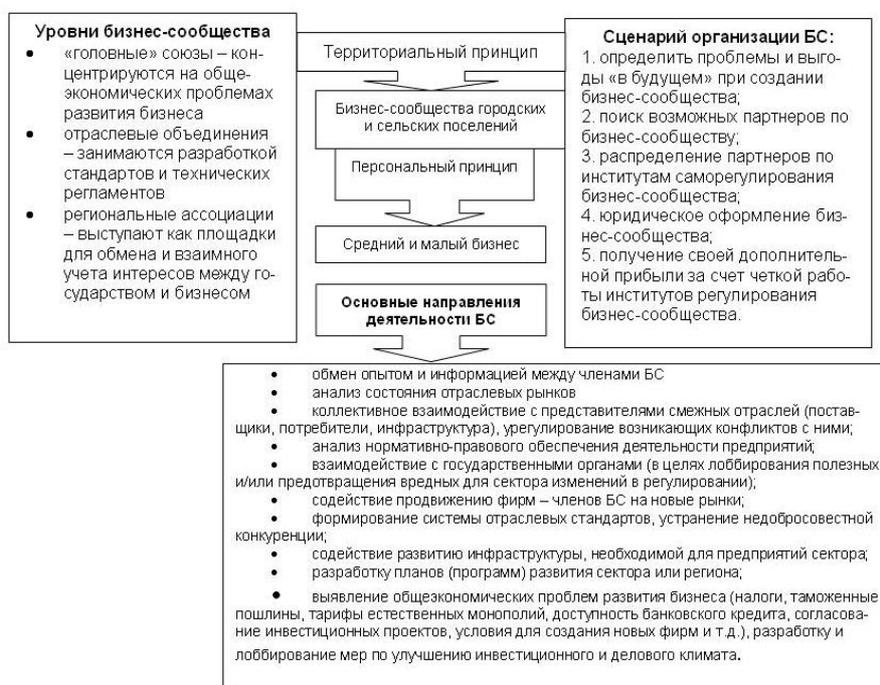


Рис. 2. Концептуальная схема организации территориального бизнес-сообщества

Возвращаясь к вопросам снижения трансакционных издержек, необходимо отметить, что это возможно в случае консолидации субъектов МСБ в территориальные бизнес-сообщества. Взаимная интеграция МСБ, составляющая бизнес-сообщество, во многом обеспечивается установлением различных форм долговременных отношений юридически самостоятельных фирм для решения согласованных задач на основе общих экономических интересов.

Что же такое территориальное бизнес-сообщество (далее ТБС)? Системный подход предполагает, что для обеспечения успешной деятельности компании и ее стабильного развития руководитель должен оценивать и при-

нимать во внимание большое количество факторов, связанных как напрямую с деятельностью организации, так и с деятельностью ее бизнес среды.

Люди всегда объединялись, чтобы снизить свои накладные расходы за счет общего труда во имя удовлетворения общей для всех потребностей. Мотивы этих объединений были самые разные. Принцип же объединения всегда оставался одним и тем же: развить общность для удовлетворения своих потребностей путем подбора участников и создания условий развития.

Таким образом, под *бизнес-сообществом* мы будем понимать консолидацию субъектов МСБ, вступающих друг с другом в долгосроч-

ные отношения, направленные на постоянное совершенствование продукции, производственных и управленческих процессов, и обладающих возможностью установления формализованных правил регулирования собственной деятельности.

В качестве причин создания ТБС можно выделить следующие:

во-первых, доступ к ресурсам и рост эффективности их использования, а именно в снижении транзакционных издержек и повышении эффективности своей деятельности в целом. Каждая организация выполняет работу, в которой она наиболее компетентна, издержки на единицу продукции снижаются для всех партнеров;

во-вторых, целью объединения в ТБС может явиться обретение новых знаний. В движении именно знаниями мире конкуренции фирмы вступают в альянсы [5];

в-третьих, желание фирм получить доступ на рынки других регионов. ТБС обеспечивает его участникам снижение рисков, лучшие условия для экспорта продукции из собственного региона.

Проблема управления издержками по транзакциям в настоящее время является малоизученной. В большей степени это относится к субъектам МСБ, так как этот сектор экономики теоретически слабо исследован. Специфические особенности предпринимательского сектора оказывают влияние и на особенности транзакционных отношений во всем бизнес-сообществе. Вследствие этого исследование транзакционных отношений в малом и среднем бизнесе представляет самостоятельную научную и практическую проблему.

Одна из важнейших особенностей транзакционных издержек состоит в том, что они допускают значительную экономию на масштабах деятельности. Во всех видах транзакционных издержек есть постоянные компоненты и, когда информация собрана, ею может воспользоваться любое количество продавцов и покупателей. Кроме того, внутри фирмы совершать транзакции намного выгоднее. При этом внутрифирменные транзакционные издержки (низкие по отношению к рыночным) стимулируют развитие интеграционных процессов. Поэтому, включая в свой состав операторов рыночной инфраструктуры по переработке, хранению и доставке продукции до конечного потребителя, субъекты МСБ, консолидируясь в ТБС, сокращают транзакционные издержки на поиск партнера, предотвращают оппортунистическое поведение и позволяют избегать негативов ценового механизма

рынка, заменяя его системой внутрифирменного менеджмента. Стремление комбинировать несколько стадий производства и сбыта, образуя интегрированные формы в рамках единой фирмы в целях погасить транзакционные издержки, было замечено еще американскими экономистами Р. Коузом и Дж. Уильямсоном [8 С.123].

Используя методику Д. Норта и Дж. Уоллиса, В. Кокорев оценил динамику транзакционных издержек в России [6]. В качестве показателя уровня транзакционных издержек он использовал отношение затрат, не связанных непосредственно с производством (так называемые накладные расходы), к прочим статьям себестоимости продукции. В исследовании им были проанализированы такие косвенные признаки, как соотношение динамик ВВП с розничным товарооборотом, соотношение динамик количества занятых в отраслях, например, сокращение занятых в промышленности, строительстве и на транспорте и рост числа занятых в банковской, страховой сферах. В результате В. Кокорев выявил, что уже в 1993 г. темп роста транзакционных издержек по сравнению с 1992 г. был более чем в два раза выше темпа роста производственных издержек. Рост транзакционных расходов в российской экономике он объясняет действием следующих факторов:

- необходимостью адаптации предприятий к рыночной среде;
- снижением объемов выпуска продукции;
- ростом издержек, связанных с неразвитостью инфраструктуры связи;
- возникновением издержек, связанных с процессом приватизации.

Рассматривая эти факторы более детально, к ним можно отнести появление независимых хозяйствующих субъектов, увеличение затрат на рыночное взаимодействие, поиск новых форм взаимодействия, отсутствие общепринятых стандартов поведения, увеличение нагрузки на инфраструктурные сети, рост числа мелких фирм, отсутствие опыта многократного обмена между партнерами, несформировавшиеся институты денежно-кредитных расчетов и др.

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 [1 С.113].

Можно констатировать, что российская экономика характеризуется низким уровнем развития транзакционного сектора и основную часть транзакционных издержек в России несут сами экономические субъекты. Однако, как замечает Н. С. Волостнов и З. М. Ларичева, в последнее время эффективность транзакционного сектора растет. В России развивается юридическое образование, стало больше юридических агентств и фирм, повышается зрелость рынка, активно внедряются современные информационные технологии и компьютерная техника. В итоге развивается тенденция включения национального транзакционного сектора в международную сеть [3 С.77].

Следует отметить, что измеренные или неизмеренные транзакционные издержки имеют большую ценность. Без них не могут быть адекватно поняты ни экономическое поведение, ни институциональные соглашения. Положительные транзакционные издержки приводят к следующим последствиям:

- мешают, а в частных случаях полностью блокируют образование рынков; препятствуют полной реализации взаимных выгод обмена, так как можно отказаться от тех благ, которые должны быть направлены на обеспечение обмена, а это тормозит получение экономической прибыли;

- мешают реализации принципа сравнительного преимущества, лежащего в основе торговли и, следовательно, экономического роста;

- затрудняют поиск новых возможностей использования известных ресурсов или открытие новых ресурсов при заданных альтернативах их применения; препятствуют изменению существующих правил игры, выступая как издержки институциональной транзакции.

Предложенная Д. Нормом и Дж. Уоллисом методика не позволяет решить проблему измерения транзакционных издержек предприятий, организаций, которые являются реальными хозяйственными субъектами в современной экономике. Именно они несут затраты по производству и реализации товаров и услуг. Эти затраты вне сферы производства связаны с преодолением транзакционных барьеров, препятствий в хозяйственном процессе. Но с другой стороны - транзакции представляют собой преграду в хозяйственных отношениях, для преодоления которой необходимы затраты хозяйственными субъектами, которые и носят название транзакционные издержки. Затраты на преодоление этих препятствий ложатся на себестоимость и стоимость производимых фирмой продуктов и

переносятся на цену, которую потребитель платит на рынке. Но прежде чем они становятся издержками покупателей, - затратами, которые изымаются из бюджета потребителя, - они ложатся на затраты предприятия. Поэтому требуется оценить или измерить эти затраты, т.е. затраты которые предприятие несет в результате наличия в обществе транзакций. Стало быть, требуется дать решение проблемы измерения транзакционных издержек на уровне реальных субъектов.

Известно, что все сбои в хозяйственном механизме связаны с такими причинами, как неэквивалентный обмен товарами и услугами, расхождение экономических интересов у партнеров, несоответствие прав и обязанностей и др. В повседневной практике эти несоответствия, прежде всего, наиболее остро отражаются на работе субъектов МСБ. Проявляются они в трудностях, с которыми они встречаются, когда реализуют продукцию, выступают производственными услугами, вступают во взаимоотношения с органами управления и различными организациями. Именно эти противоречия и проблемы приводят к возникновению транзакционных издержек.

Для целенаправленной работы по управлению транзакционными издержками субъектов МСБ необходимо предметно разобраться в характере существующих у предприятий трудностей, в нерешенных проблемах при взаимодействии с контрагентами, которые напрямую увеличивают затраты на осуществление рыночных транзакций.

Высокие транзакционные издержки снижают эффективность функционирования как отдельно взятого субъекта экономической деятельности, так и всей экономической системы в целом. Проблема заключается в том, что предприятия зачастую не имеют возможности отказаться от неэффективных транзакционных действий и доверить осуществление транзакционных действий другому специализированному субъекту. Они вынуждены осуществлять длительные согласования своей деятельности с администрацией, отказываться от получения кредита по высокой ставке и пользоваться услугами неспециализированных кредиторов. Отказ же от неэффективных действий способен привести к полной остановке функционирования предприятия.

Транзакционные издержки отвлекают ресурсы от воспроизводства основных фондов, создания эффективной инфраструктуры. Постоянное замещение альтернативных действий транзакционными приводит к отвлечению всех видов ресурсов, лишает хозяйст-

вующего субъекта формирования практики осуществления альтернативных действий. В случае значительного «увлечения» транзакционными действиями, хозяйствующий субъект не осуществляет альтернативные действия уже не потому, что у него не хватает на это соответствующих ресурсов (в случае необходимости дополнительные ресурсы все-таки можно получить), а вследствие отсутствия соответствующей практики осуществления подобного рода действий, хронической неспособности осваивать дополнительные средства.

Можно выделить следующие факторы несения транзакционных издержек хозяйствующими субъектами:

- транзакционные потери перекрываются трансформационным выигрышем;
- риск потерять предмет обмена заставляет пускать часть обмениваемого продукта на осуществление дорогостоящей транзакции;
- специфический актив ограничивает мобильность хозяйствующего субъекта, заставляя его больше ресурсов направлять на обеспечение его нормального функционирования;
- поддержание неэффективных хозяйственных связей.

Итак, в сложившейся ситуации сущностной характеристикой является радикальное изменение механизма координации экономической деятельности субъектов МСБ, формирование новой системы взаимосвязей между ними. Проблемы взаимодействия привели к значительному росту транзакционных издержек, большей частью оппортунистического характера. Увеличение транзакционных издержек, в первую очередь, обусловлено увеличением затрат на рыночное взаимодействие, поиском новых форм взаимодействия, отсутствием устоявшихся общепринятых стандартов поведения, необходимостью адаптации к рыночной среде, увеличением нагрузки на инфраструктурные сети. Высокие транзакционные издержки лишают субъектов МСБ возможности эффективного воспроизводства основных фондов, осуществления НИОКР, улучшения качества выпускаемой продукции, совершенствования и обновления технологий.

Локализация затрат по центрам ответственности дает возможность выделения транзакционных затрат. Учет затрат должен быть направлен не только на выявление издержек производственного характера, но и на изучение транзакционных издержек для принятия

управленческих решений. Для того чтобы определить эффективность данного вида издержек, необходимо рассчитывать их для каждой совершенной или предполагаемой сделки или контракта.

Подводя итог, можно констатировать, что транзакционные издержки приближаются к нулю, если деловые отношения между производителем и покупателями, а также производителем и поставщиками стабильны, цены и объем постоянны, товары идентичны. Кроме того, для этого необходимо выполнение ряда условий: на предприятии должны работать высококвалифицированные управленческие кадры, иметься лаборатория по определению качества продукции, создана служба внутреннего контроля, существовать своя электронная база данных, предприятие должно стремиться находить постоянных партнеров и т.п. В реальности же все факторы и условия - спрос и предложение, требования рынка, цены, объемы поставок, качественные характеристики продукции - подвергаются изменениям. Все это заставляет предприятие вновь и вновь нести расходы. И только, консолидируясь в территориальные бизнес-сообщества субъекты малого и среднего бизнеса, могут приблизить транзакционные издержки к нулю, а снижение транзакционных издержек в масштабах всей воспроизводственной системы как результат даст значительные конкурентные преимущества национальной экономике.

### Библиографический список

1. Аникина Н. А. Практика и перспективы управления транзакционными затратами птицеводческих предприятий / Н. А. Аникина // Вестник сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2012. - № 4 (26). - С. 113-116.
2. Большой юридический словарь. 3-е изд., доп. и перераб. / Под ред. проф. А. Я. Сухарева. — М.: ИНФРА-М. - 2007.
3. Волостнов Н. С. Транзакционные издержки в деятельности государственных предприятий: виды и средства минимизации / Н.С. Волостнов, З. М. Ларичева // Менеджмент в России и за рубежом. – 2005. - № 3. – С. 70-79.
4. Елкина В. Н. Инфраструктура зернового рынка Омской области: монография / В. Ф. Стукач, В. Н. Елкина. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002. – 160 с.
5. Карпущина Е. К. характеристике современных международных стратегических альянсов. / Карпущина Е. // Российский экономический журнал. 2004 г. - № 7 - с. 89-94.
6. Кокорев В. Е. Институциональные преобразования в современной России: анализ динамики транзакционных издержек / В. Е. Кокорев // Вопросы экономики. – 1996. - № 12. – С. 61-72.
7. Коуз Р. Фирма, рынок и право // США: экономика, политика, идеология. – 1993. – №2. – С. 94

8. Коуз Р. Фирма, рынок и право / Р. Коуз. - Пер. с англ. Б. Пинскера - М.: «Дело ЛТД» при участии изд-ва «Catalaxu», 1993. - 192 с.

9. Кузнецова В. П. Институциональные основы реформирования аграрных отношений / В. П. Кузнецова // Институциональные основы рыночной экономики в России. - М.: Наука, 1996. - Гл. 5, § 1. - С. 94-104.

10. Малахов С. Трансакционные издержки и макроэкономическое равновесие / С. Малахов // Вопросы экономики. - 1998. - № 11. - С. 78-96.

11. Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики. - М., 1997. - С. 45.

12. Политическая наука: Словарь-справочник. сост. проф пол наук Санжаревский И.И.. 2010.

13. Радаев В. В. Российский бизнес: структура трансакционных издержек / В. В. Радаев // Общественные науки и современность. - 1999. - № 6. - С. 5-19.

14. Словарь иностранных слов.- Комлев Н. Г., 2006

15. Финансы. Толковый словарь. 2-е изд. — М.: "ИНФРА-М", Издательство "Весь Мир". Брайен Батлер, Брайен Джонсон, Грэм Сидуэл и др. Общая редакция: д.э.н. Осадчая И.М. 2000.

16. Шумакова О. В. Механизмы регулирования трансакционных издержек в сельском хозяйстве: монография / О. В. Шумакова. - Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2010. - 192 с.

17. Эрроу К. Возможности и пределы рынка как механизма распределения ресурсов. - М., 1995. - С. 20.

## CONSOLIDATION OF SMALL AND MEDIUM BUSINESS IN TERRITORIAL BUSINESS COMMUNITIES AS ONE OF WAYS OF DECREASE IN TRANSACTIONAL EXPENSES

V. N. Elkina

Article is devoted to problems with which subjects of small and medium business face at production realization, use of production services, the introduction in relationship authorities and partners in business, upholding of the rights in judicial instances. These and many other difficulties, and also opacity of the market relations and absence of necessary information lead to growth of transactional expenses. In article such concepts as "consolidation", "business community" are defined and the analysis of classifications of transactional expenses is carried out. Within this article the concept of consolidation of subjects of small and medium business in territorial business communities is offered. In the conclusion concrete recommendations of decrease in transactional expenses that is one of the most actual problems of a sustainable development of small and medium business are made.

*Elkina Виктория Николаевна - к.э.н, доцент кафедры экономики и бухгалтерского учета, Российского государственного торгово-экономического университета, Омский институт (филиал). E-mail: elkina\_v2004@mail.ru*

УДК 334.75

## ОБРАЗОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ ОАО «ОМШКБ» и ОАО «ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Т. В. Иванова

**Аннотация.** В данной статье выделены и описаны основные этапы формирования интегрированной хозяйственной структуры. Построен проект образования интегрированной структуры на основе структурно-функционального подхода с использованием оценки целесообразности интеграции.

**Ключевые слова:** интегрированная хозяйственная структура, структурно-функциональный подход, проект, формирование, интеграция.

### Введение

Зачастую трудности в деле образования интегрированной хозяйственной структуры (ИХС) обусловлены неверным выбором под-

хода к образованию интегрированной структуры.

Рассмотрим особенности разных подходов к организации с целью выбора одного из них

для разработки проекта образования ИХС в рамках теории организации.

Системный подход предполагает следующие свойства:

- 1) целостность и членимость;
- 2) связи;
- 3) организация;
- 4) интеграция.

При изучении организации с позиций системного подхода на первом плане выступают: а) деление организации на подсистемы; б) вертикальные и горизонтальные связи организации. При системном подходе основное внимание уделяется подсистемам организации и связям между отдельными системными единицами. [4]

При этом целью организации является обеспечение множества как внешних (экономических, технических и т.д.), так и внутренних (социально-психологических и пр.) взаимосвязанных результатов, определяемых выходами системы в целом и ее подсистем. [1]

Практическое применение в теории организации системного подхода затрудняется тем, что системы в данном подходе представляют собой застывшие, зачастую абстрактные модели, которые трудно приспособить к изменениям как внутри организации, так и в ее внешнем окружении. Кроме того, возникают сложности при использовании конкретных знаний о специфике организаций и их развитии.

Несмотря на то, что системный подход постулирует необходимость рассматривать организацию как единое целое, сам по себе он не разъясняет

руководителю, какие элементы организации как системы особенно важны.

Системный подход является, таким образом, очередной попыткой приблизиться к эффективному управлению организацией без учета основного фактора, влияющего на ее эффективность, - человеческого. В самом подходе изначально заложена неспособность конструктивно повлиять на эффективность управления.

Описанные выше особенности системного подхода послужили толчком для возникновения ситуационного подхода к изучению организаций и процессов управления.

Основная идея управления организациями в рамках ситуационного подхода связана с выделением типичных ситуаций во внешней среде и объединением этих ситуаций в блоки на основе сходных стратегий и действий руководителей. При таком подходе главная задача состоит в распознавании ситуации, идентификации ее с типовым блоком и предвидении на этой основе последующего развития событий. [4] Специфические приемы, которые должен использовать руководитель для эффективного управления, могут значительно варьироваться. Сущность же таких «специфических приемов» в рамках ситуационного подхода не раскрывается. С точки зрения ситуационного подхода не существует единого способа управления. Руководитель должен уметь правильно оценивать ситуацию, а также определять, какие факторы являются наиболее важными в данной ситуации. Список требований к руководителю можно продолжить.

Подход, основанный на анализе конкурентных преимуществ, ориентирован на оценку конкурентоспособности организаций и на реализацию конкурентных преимуществ интеграции. Данный подход не учитывает потенциальную эффективность будущей структуры.

На наш взгляд, для преодоления указанных сложностей при формировании ИХС целесообразно использовать структурно-функциональный подход.

Структурно-функциональный подход к формированию ИХС основан на двух важнейших предпосылках:

- 1) проект образования ИХС включает в себя несколько обязательных этапов;
- 2) построение ИХС основано на оценке целесообразности интеграции.

### **Основная часть**

При образовании интегрированной структуры неизбежно встает вопрос о совместимости объединяемых предприятий. Для создания эффективной интегрированной структуры необходимо определить потенциальную совместимость предприятий на базе методики оценки целесообразности интеграции предприятий в рамках структурно - функционального подхода. Схема структурно - функционального подхода к формированию ИХС отражена на рис. 1.

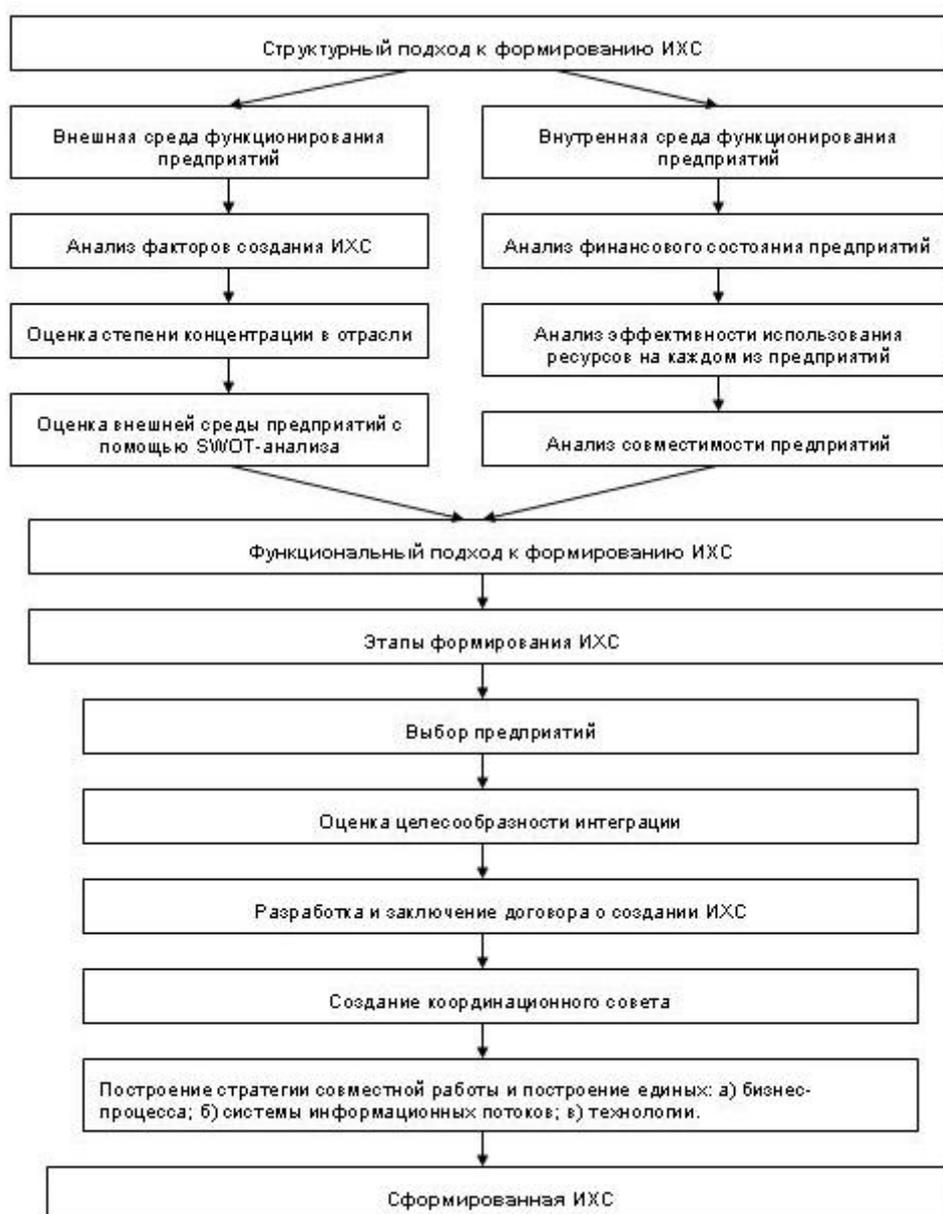


Рис. 1. Структурно - функциональный подход к формированию ИХС

При объединении предприятий необходимо в первую очередь рассматривать целевые ориентиры и стратегии действий руководства данных предприятий на ближайший и отдаленный периоды, степень развития сотрудничества между ними.

Итак, применим структурно-функциональный подход при формировании ИХС на базе ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии».

Основными целями создания ИХС являются:

- 1) повышение степени устойчивости предприятий на рынке;
- 2) снижение издержек;

3) повышение эффективности использования ресурсов;

4) повышение прибыльности, рентабельности предприятий;

5) повышение конкурентоспособности предприятий.

В частности, С. М. Мочалин и В. В. Чувинова отмечают, что интеграция является инструментом, способным обеспечить достижение конкурентных преимуществ для предприятий. [2]

Объединение может создаваться на базе акционерного капитала, на основе кооперации действий, по типу ассоциаций и т.п., но при этом оно должно иметь единую цель. Одна из

основных функций объединения — создание структурных взаимосвязей и разработка общей системы управления. На реализацию этой задачи могут уйти годы. В ходе ее решения осуществляется выработка единых правил взаимодействия. В своей совместной деятельности предприятия в принципе преследуют те же цели, что и отдельные организации, а именно:

- создание условий для финансирования некоторого процесса, который окупится в будущем (формирование стартового капитала);
- выбор системы распределения рисков между различными юридическими лицами и проведение исследования системы с целью разработки методов предсказания рисков;
- накопление необходимого запаса материальных ресурсов с тем, чтобы реализация долгосрочных стратегических задач не подорвала финансовую основу объединения.

Организационно-правовая форма ИХС должна соответствовать отраслевой специфике и быть призвана обеспечивать эффективное регулирование хозяйственных процессов.

Образование ИХС путем объединения ОАО «Омское Машиностроительное Конструкторское Бюро» (ОАО «ОМашКБ») и ОАО «Высокие Технологии» может решить некоторые проблемы развития этих предприятий, и мы попробуем логически показать целесообразность такого объединения и обозначить его основные этапы. Отметим, что наши предложения носят рекомендательный характер и могут быть приняты во внимание при осуществлении интеграции рассматриваемых предприятий.

Взаимодействие предприятий ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии» имеет давнюю историю.

В конце 1950 - х годов основным фактором, сдерживающим развитие НПО «Омское Машиностроительное Конструкторское Бюро», стала слабость производственной базы. Три небольших цеха - механический, сборки и испытательный - на заводе им. В. Куйбышева (затем до недавнего времени ОАО «Омскагрегат») не имели необходимых площадей. Отсутствовали собственные литье, термообработка, гальваника, пайка, сварка, резинотехнические изделия и т.д. Приходилось изготавливать сложные изделия в трудных условиях. Основное производство работало в две смены, использовалось устаревшее оборудование, упрощенный вид имели технические процессы. В 1963 г. в корпус № 1 на нынешнюю

территорию завода (ОАО «ОМашКБ») перевели с завода им. В. Куйбышева три механических цеха, отдел главного технолога, производственно-диспетчерскую службу. После этого началось становление «ОМашКБ» как отдельного самостоятельного предприятия. С тех пор предприятие прошло большой путь, получив известность и заслуженный авторитет среди специалистов авиационной техники. [3]

По нашему мнению, формирование ИХС включает в себя следующие этапы:

1. Выбор предприятий на вступление в структуру.
2. Оценка целесообразности интеграции предприятий.
3. Заключение договора о создании структуры.
4. Создание координационного совета (или центральной компании).
5. Построение стратегии совместной работы и построение единых:
  - а) бизнес-процесса;
  - б) системы информационных потоков;
  - в) технологии.

Процесс образования ИХС начинается с выбора предприятий. В свою очередь, для осуществления выбора необходимо прохождение трех последовательных этапов: оценки влияния внешней среды на возможности интеграции, оценки основных факторов создания ИХС и анализа издержек и преимуществ, которые возникнут в результате интеграции.

Оценка влияния внешней среды должна начинаться с определения объема спроса в рассматриваемой отрасли. В омской оборонно-промышленной отрасли в целом характерен рост госзаказа. На ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии» также наблюдается рост госзаказов, то есть увеличение спроса со стороны государства на изготавливаемую предприятиями продукцию.

Следующий параметр внешней среды, требующий оценки, это уровень концентрации в отрасли. Омская оборонно-промышленная отрасль характеризуется высоким уровнем концентрации.

Данные о доле выручки омских машиностроительных предприятий в общей суммарной выручке по данным предприятиям за 2010 г. приведены в таблице 1. В машиностроительной отрасли мы рассматриваем только предприятия авиационной промышленности, так как выборка будет наиболее репрезентативной в этом случае.

Таблица 1 - Данные о выручке омских машиностроительных предприятий в 2010 г.

Предприятие	Доля выручки предприятия в общей суммарной выручке по всем предприятиям (2010 г.)
ПО «Полет»	0,44
ФГУП ОМО им. П.И. Баранова	0,30
ОАО «ОМотКБ»	0,02
ОАО «ЦКБА»	0,07
ОАО «ОМашКБ»	0,06
ОАО «Высокие Технологии»	0,11

Источник: [таблица составлена по фактическим данным хозяйственной деятельности предприятий отрасли]

Рассчитаем индекс Херфиндаля-Хиршмана по вышеприведенной формуле.

$$HHI = \sum_{i=1}^n y_i^2 = 0,1936 + 0,09 + 0,0004 + 0,0049 + 0,0036 + 0,0121 = 0,3046$$

Итак, индекс Херфиндаля-Хиршмана принял значение, равное 3046 (если считать в процентах), следовательно, концентрация в отрасли высокая. Известно, что существование высокого уровня концентрации на рынке говорит о высокой вероятности интеграции.

На втором этапе процесса выбора предприятий оценим основные факторы создания ИХС.

Основные факторы - это не просто условия, а конкретные движущие силы создания ИХС. Есть более общие факторы, которые оказывают косвенное влияние, а есть конкретные факторы, которые являются непосредственно движущими силами и оказывают, соответственно, более значимое влияние. Таким непосредственным фактором является отношение ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии» к одной отрасли - к машиностроению. Общим направлением деятельности предприятий является авиадвигателестроение.

Следующим значимым фактором является сложность и взаимосвязанность технологического процесса. ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии» совместно занимаются проектированием и изготовлением агрегатов для авиадвигателей и участвуют во многих перспективных программах двигателестроения. Для определенных видов продукции технологический процесс на обоих предприятиях представляет своего рода цепочку, то есть является единым процессом, при этом продукция проходит различные стадии по мере ее обработки и изготовления готового образца.

Взаимосвязанность технологических процессов ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии» можно проиллюстрировать последовательностью этапов опытно-конструкторских работ (ОКР).

После завершения прикладных научно-исследовательских работ (НИР), при условии положительных результатов экономического анализа, удовлетворяющего фирму с точки зрения ее целей, ресурсов и рыночных условий, приступают к выполнению ОКР. Опытно-конструкторские работы — важнейшее звено материализации результатов предыдущих НИР. На основе полученных результатов исследований создаются и обрабатываются новые изделия.

Основные этапы ОКР:

1. Разработка технического задания (ТЗ) на ОКР.
2. Техническое предложение.
3. Эскизное проектирование.
4. Техническое проектирование.
5. Разработка рабочей документации для изготовления и испытаний опытного образца.
6. Предварительные испытания опытного образца.
7. Государственные (ведомственные) испытания опытного образца.
8. Отработка документации по результатам испытаний.

Последовательность этапов опытно-конструкторских работ подтверждает взаимосвязь технологических процессов ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии», что является побудительным мотивом для объединения в целях сокращения разрывов во времени при изготовлении продукции и недопущения простоя станков и другого оборудования. Это позволит избежать неэффективного использования рабочего времени, а также позволит повысить интенсивность загрузки всех подразделений предприятия, что в целом увеличит эффективность производства.

Другим важным фактором объединения рассматриваемых предприятий является наличие необходимого уровня технического оснащения для обеспечения выпуска продукции в нужном объеме и требуемого качества. Так, например, цеха ОАО «Высокие Технологии» оснащены современными станками ведущих фирм Японии, Швейцарии и Германии. Это

позволяет повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции, с высоким качеством обрабатывать трудоемкие корпусные детали, сократить применение специального инструмента и оснастки. В свою очередь, на ОАО «ОМашКБ» имеется специальное оборудование для изготовления опытных образцов. Однако для изготовления разработанных и испытанных образцов, по которым разрешен серийный выпуск, зачастую производственных мощностей на ОАО «ОМашКБ» уже не хватает. Заказчику, как правило, интересны большие объемы производства, поэтому на ОАО «ОМашКБ» выпускается только мелкосерийная продукция, а выпуском больших партий ранее занималось ОАО «Омскагрегат», а теперь будет заниматься ОАО «Высокие Технологии». Таким образом, объединение научного потенциала ОАО «ОМашКБ» и научно-производственной базы ОАО «Высокие Технологии» позволит существенно сократить сроки от момента разработки изделия до момента выпуска его в серийное производство и своевременно выполнить большие заказы.

К факторам интеграции можно отнести также сложности, присущие предприятиям. На ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии» нерешенным вопросом можно назвать социальные проблемы работников, преобладание работников старшего возраста и дефицит молодежи (средний возраст работников на промышленных предприятиях оборонно-промышленного комплекса составляет 50 лет, в оборонных НИИ и того выше). На ОАО «ОМашКБ» проблемой также является устаревший парк оборудования и необходимость обновления станочного парка. На ОАО «Высокие Технологии» имеются станки, которые простаивают часть времени, а на ОАО «ОМашКБ», напротив, речь идет уже о перезагрузке оборудования в связи с нарастанием объемов заказов. Следовательно, путем объединения можно решить проблему недостаточно эффективного использования станков на ОАО «Высокие Технологии» и решить проблему отсутствия таковых на ОАО «ОМашКБ».

На третьем этапе процесса выбора предприятий для образования ИХС проанализируем издержки и преимущества, которые возникнут в результате интеграции.

В нашем случае при объединении ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии» будут иметь место издержки на содержание координационного совета, состоящего из руководителей высшего звена объединенных предприятий. Такие издержки можно отнести к стратегическим затратам, необходимым для

развития и дальнейшего нормального функционирования предприятий в долгосрочном периоде. [5]

Однако есть основания полагать, что преимущества интеграции перевесят названные издержки интеграции. Особенность проектируемой ИХС состоит в том, что это будет частичная интеграция, имеющая производственный характер, то есть будут объединены сектора механической обработки. Такое объединение позволит существенно сократить издержки производства агрегатов. Интеграция предприятий, входящих в единую производственную цепочку, позволит в целом упростить процесс изготовления деталей. А это означает, что время изготовления продукции также существенно сократится. Это, в конечном итоге, будет способствовать увеличению прибыльности и рентабельности деятельности предприятий, повышению эффективности использования имеющихся ресурсов.

К преимуществам интеграции для отдельных участников и для ИХС в целом относятся: повышение эффективности производства, инновационно - технологический трансферт, обмен стратегической информацией, снижение зависимости компании от поставщиков или дистрибьюторов, ускорение оборачиваемости средств, уменьшение потребности в кредитах для пополнения оборотных средств, минимизация дублирования управленческих функций и др.

Для ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии» при объединении в ИХС важнейшим преимуществом будет обмен стратегической информацией при проведении совместных научно - исследовательских разработок - это особенно необходимо при выпуске высокотехнологичной продукции. Другим важным преимуществом будет снижение стоимости конечной продукции для завоевания новых рынков сбыта и расширения объемов выпуска и прибыли. Экономия на издержках позволяет интегрированной структуре значительно расширить формы своего присутствия на рынке: во-первых, путем значительного снижения цен на свою продукцию и, во-вторых, за счет получения большей прибыли при установившейся рыночной цене.

Следующим преимуществом ИХС как крупной структуры будет возможное снижение процентных ставок по кредиту - это актуально для развития производства и покупки новых станков и оборудования.

В планы сотрудничества ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии» включены совместные разработки, основанные на объединении усилий коллективов предприятий.

В результате реорганизации появится возможность объединения под общим руководством всего спектра работ по жизненному циклу изделий как военного, так и гражданского назначения - перспективные разработки, доводка, производство, серийное сопровождение, обслуживание и ремонт, модернизация изделий.

Вторым этапом процесса образования ИХС является оценка целесообразности интеграции предприятий.

Интеграция ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии» будет целесообразной за счет взаимодополнения технологических процессов, а также за счет роста масштабов производства. Кроме того объединение двух предприятий может несколько снизить угрозы со стороны внешней среды, а также позволит лучше воспользоваться рыночными возможностями.

Анализ эффективности использования ресурсов на ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии» позволяет говорить о возможности компенсации недостаточно эффективного использования одних ресурсов на первом предприятии более эффективным их использованием на втором при организации совместного производственного процесса.

Предприятия достаточно схожи по направлениям деятельности, входят в состав единой технологической цепочки и номенклатура совместно изготавливаемых изделий насчитывает порядка шестидесяти наименований. Это является довольно серьезным показателем тесноты сотрудничества обоих предприятий.

Если говорить об общей оценке предприятий, можно сказать, что ОАО «ОМашКБ» развивается стабильно, судя по имеющимся на сегодняшний день заказам. В кризисные годы руководству предприятия удалось добиться выполнения поставленных целей и задач, «ОМашКБ» удержало свои позиции в авиационном агрегатостроении и смогло освоить выпуск импортозамещающих изделий для других отраслей народного хозяйства.

На ОАО «Высокие технологии» в настоящее время ведется масштабная работа по модернизации производства. Можно говорить о высоком потенциале роста данного предприятия, хотя имеются значительные резервы роста, то есть недостаточно эффективное использование фонда оплаты труда и основных производственных фондов. В то же время на ОАО «ОМашКБ» недостаточно эффективно используются материалы и оборотные средства.

При интеграции возможно более эффективное использование ресурсов на каждом

предприятии, то есть компенсация недостатков одного предприятия преимуществами другого путем создания единого бизнес-процесса.

Третьим этапом образования ИХС является разработка и заключение договора о создании ИХС.

Во-первых, собственники предприятий подписывают договор о создании ИХС. Собственники делегируют свои полномочия председателю Совета директоров.

Во-вторых, утверждается устав ИХС, в соответствии с которым будет избираться председатель Совета директоров. В Совет директоров будут входить собственники предприятий и непосредственные руководители предприятий.

Договор о создании ИХС должен определять наименование ИХС, а также порядок и условия учреждения центральной компании как юридического лица в определенной организационно-правовой форме, уполномоченного на ведение дел ИХС.

В договоре о создании структуры на основе ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии» будут содержаться: название группы, сведения об участниках-учредителях ИХС, концепция формирования и основные инвестиционные проекты структуры.

Мы предлагаем в договоре о создании ИХС также указывать в числе обязательных пунктов следующие:

1. Основные цели и задачи.
2. Направления деятельности.
3. Состав участников группы.
4. Порядок и условия объединения активов.
5. Распределение зон ответственности участников.
6. Порядок внесения изменений в договор о создании структуры.

Перечисленные пункты упоминаются некоторыми авторами при описании процесса создания интегрированных структур, однако нигде не встречается упоминание пункта «Распределение зон ответственности участников», хотя этот пункт имеет весьма большую значимость при организации совместной деятельности и распределении зон хозяйствования организаций в группе. Поэтому внесение данного пункта является новым.

Четвертый этап образования ИХС - это создание координационного совета (или центральной компании). На основании договора о создании возможно формирование рабочего координирующего органа структуры, уполномоченного на ведение повседневных текущих дел ИХС. При этом в договоре указываются порядок и условия учреждения такого органа.

Рабочий координирующий орган структуры должен быть штабом стратегического планирования, вырабатывать стратегию совместной работы структуры и осуществлять общие функции контроля.

Все решения по отдельному предприятию будут приниматься его директором. По ИХС все решения будут приниматься только Советом директоров во главе с председателем.

Информацию для решения Совету директоров дает стратегическое управление ИХС,

которое, в свою очередь, взаимодействует с аналитическими отделами каждого из предприятий, входящих в структуру.

Финансирование стратегического управления ИХС будет осуществляться из специально созданного для этого фонда, формируемого из отчислений от прибыли входящих в ИХС предприятий. Стратегическое управление ИХС подотчетно Совету директоров.

Схема ИХС представлена на рис. 2.

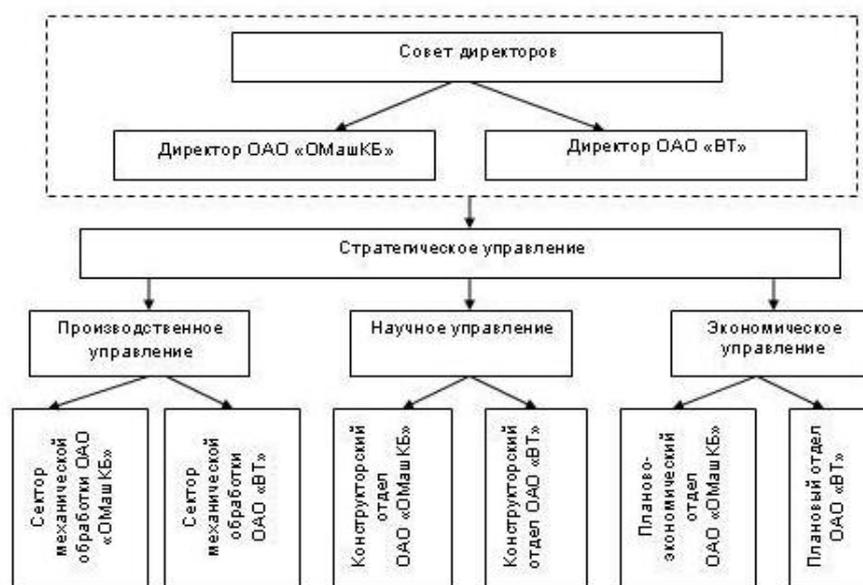


Рис. 2. Схема частичной интеграции ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии»

Пятым этапом процесса осуществления интеграции ОАО «ОМашКБ» и ОАО «Высокие Технологии» является построение стратегии совместной работы и построение единых:

- а) бизнес-процесса;
- б) системы информационных потоков;
- в) технологии.

Производство в этом случае должно строиться на основе единой стратегии для всей ИХС с помощью единой технологии для выбранных предприятий.

#### Заключение

Таким образом, согласованная деятельность двух предприятий в рамках построенной структуры будет способствовать достижению эффективности их хозяйственной деятельности.

Новизна проекта формирования ИХС состоит в построении такой хозяйственной структуры на базе двух предприятий машиностроения, при которой оба предприятия сохраняют юридическую и финансовую самостоятельность и при этом частично интегрируются в производственном направлении.

При объединении предприятий можно добиться существенного снижения управленческих (накладных) и коммерческих расходов путем реорганизации организационных структур, устранения дублирующих функций. Предприятия в этом случае имеют возможность обменяться положительным опытом по эффективному использованию ресурсов.

При выборе организационно-правовой формы большее предпочтение следует отдать открытому акционерному обществу, так как данная форма предполагает больше возможностей для привлечения капитала. В свою очередь, привлечение именно акционерного капитала (а не банковского) выгодно для реализации крупных проектов, требующих длительного срока окупаемости вложенных средств. Возможно также привлечение дополнительного капитала посредством вторичной эмиссии акций. Пакеты акций могут быть и средством привлечения портфельных и стратегических инвесторов.

Частичная интеграция позволит избежать кардинальной реструктуризации рассматри-

ваемых предприятий, что будет способствовать снижению издержек и более быстрому образованию ИХС.

**Библиографический список**

1. Веснин, В. Теория организации. Учебник для вузов / В. Веснин. - М.: «Велби», 2008. - 272 с.
2. Мочалин С. М., Чувилова В. В. О системе показателей оценки результативности взаимодействия предпринимательских структур в цепи поставки // Вестник СибАДИ, выпуск 4 (22) 2011. С. 77-82
3. Флаум, Л. Шаги к признанию / Л. Флаум. – Омск: Изд-во ОмГУ, 2002. – 274 с.
4. Фролов, С. Социология организаций: Учебник / С. Фролов. - М.: Гардарики, 2001. — 384 с.
5. Эйхлер Л. В. Формирование конкурентных преимуществ грузовых автотранспортных предприятий при реализации политики экономической интеграции // Вестник СибАДИ, выпуск 4 (22) 2011. С. 93-98

**THE FORMATION OF AN INTEGRATED BUSINESS STRUCTURE ON BASIS OF MERGING OF "OMASHKB" AND OAO "HIGH TECH"**

T. V. Ivanova

In this paper identified and described the basic steps of forming an integrated economic structure. Built the project of forming an integrated structure based on structural-functional approach by assessing the feasibility of integration.

*Иванова Татьяна Викторовна – Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), старший преподаватель кафедры «Общая экономика и право». Основное направление научных исследований: интеграционные процессы в оборонно-промышленном комплексе. Общее количество опубликованных работ: 21. e-mail: Kuzn83@mail.ru*

УДК 65.05;711,424

**ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ФОРМ И МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЕГО КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ**

В. В. Бирюков, В. Ю. Кирничный

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы выбора рациональных форм и методов управления в строительстве и формирования стратегии повышения конкурентоспособности строительных организаций; показаны особенности развития их конкурентных преимуществ в инновационной экономике.

**Ключевые слова:** форма и методы управления, инновации, конкурентные преимущества, предпринимательские структуры, строительство.

**Введение**

В настоящее время строительные организации сталкиваются со сложными проблемами, обусловленные усилением конкуренции, кардинальным изменением её природы под влиянием многих факторов – глобализации бизнеса, научно-технического прогресса, развития строительных технологий и обновления требований потребителей к соотношению цена-качество и др. В данных условиях возникает настоятельная потребность применения новых форм и методов управления строительной деятельностью, обеспечивающих успешную ее адаптацию к меняющейся внутренней и внешней бизнес – среде [5,6]. Для выработки системного подхода к решению проблем формирования устойчивых конкурентных преимуществ строительной организации становится важным осмысление сло-

жившихся концепций и возможностей их использования при обосновании выбора рациональных форм и методов управления строительным производством.

**Теоретические исследования**

Выработка успешной деловой стратегии строительной организации предполагает уяснение сложной взаимосвязи между результатами ее деятельности, характеризующие позиционирование данной организации в многомерном экономико-рыночном пространстве (с помощью различных показателей и рейтингов инновационной и инвестиционной привлекательности, конкурентных преимуществ, доли строительного рынка, стоимости организации, результативности, рентабельности и т.д.) в зависимости от состояния ее внутренней среды (оно может характеризоваться качественными и количественными оценками имеющихся

или контролируемых ресурсов – физического, организационного и социального капитала и др.).

Формирование конкурентных преимуществ строительной организации на основе совершенствования форм организации и методов строительства во многом связано со спецификой предпринимательской деятельности в сфере строительства и определяется особенностями отрасли, важнейшими из них являются следующие [3]: отсутствие серийного производства однотипной продукции (в отличие от промышленности) и, как следствие разнообразие возводимых объектов, многовариативность технологических, организационных и управленческих решений; возведение на одной площадке различных типов зданий и сооружений, что обуславливает различный состав материальных ресурсов, необходимых для выполнения строительно-монтажных работ в зависимости от назначения сооружаемых объектов; изменение количества и ассортимента требуемых материалов, конструкций, изделий по отдельным периодам применения относительно к соответствующему этапу сооружения объекта; неравномерность объемов выполняемых строительных работ по периодам года под влиянием климатических условий, вследствие чего потребление материалов и изделий в течение года существенно различается; рассредоточение объектов строительства на большие расстояния от центра управления, что затрудняет обеспечение строек; изменение дислокации строительных организаций в связи с переходом строителей с одной площадки на другую, из-за чего требуется создавать временные складские помещения и изменять схемы доставки материальных ресурсов. В связи с этим рыночная стоимость и цена объекта строительства формируются под влиянием сложной совокупности природно-климатических, социально-экономических, производственно-технологических и организационно-управленческих факторов.

В настоящее время важность решения проблемы поиска и реализации стратегически значимых резервов совершенствования форм организации и методов производства для предпринимательских структур сферы строительства существенно возросла в силу их высокой чувствительности к сложившемуся в экономике изменениями, которые сопровождаются значительными структурными переменами на рынке строительной продукции и услуг. При этом усложнение процесса взаимодействия факторов деловой среды и возрастание неопределенности хода событий в будущем создаёт дополнительные трудности для выбора приоритетных направлений развития

форм и методов организации деятельности строительных предпринимательских структур, позволяющих выработать эффективный ответ на угрозы и вызовы нового периода. Вместе с тем, утвердившиеся на практике подходы и методы принятия стратегических решений не позволяют удовлетворительно решать проблемы повышения конкурентоспособности строительных организаций, не учитывают должным образом организационно-технологические особенности строительного производства в современных условиях, что нередко приводит к стратегическим просчётам и негативно сказывается на результатах предпринимательской деятельности.

Следует учитывать, что формирования современных представлений об источниках и механизмах создания конкурентных преимуществ фирм связано с существенными изменениями, которые произошли во второй половине XX в., обусловили необходимость акцентирования внимания на важность адекватного решения вопросов стратегического планирования как ключевой функции управления и формирования конкурентных преимуществ организации в рыночных условиях. В 1970-1980-е годы происходила активная разработка теоретических и методологических основ стратегического планирования, публикуется немало специальных исследований и монографий за рубежом. Огромный вклад в становление и развитие этого раздела науки управления внесли Ф. Абраме, Р. Акофф, И. Ансофф, Дж. Куинн, К. Эндриус, М. Портер, Г. Хемел, Г. Минцберг, К. Хофер, Г. Штейнер, А. Томпсон и др.

В конце XXв. доминирующую роль в обосновании источников и механизмов формирования устойчивых конкурентных преимуществ приобрели ресурсная теория и возникшая на ее основе концепция динамических способностей, составившие жизнеспособную альтернативу традиционным концепциям и стратегий фирм (школы проектирования и планирования и школы позиционирования). В первой половине 1990-х ресурсный подход оформился в особое направление теории стратегического управления и получил мощный импульс развития в фундаментальных работах Дж. Барни, Р.Гранта, И. Дирекса, Д. Коллиза, К. Кула, С. Монтгомери, М. Петерафа, Р. Рамелта, Д. Тиса и др. Их объединяло понимание предпосылок анализа конкурентных преимуществ и принципов их достижения [4]. Главный тезис ресурсной концепции состоит в том, что присутствующая фирмам неоднородность может быть устойчивой ввиду обладания уникальными ресурсами и организационными способностями, которые являясь источниками экономиче-

ских рент, определяют конкурентные преимущества конкретных фирм. Принципиальная новизна ресурсной концепции состоит именно в определении условий, при которых фирмы имеют конкурентное преимущество в состоянии экономического равновесия. Временные преимущества фирм было легко объяснить на основе традиционной теории отраслевой организации как феномен неравновесия. Другим отличием ресурсного подхода является приоритет организационных, а не отраслевых причин (на чем настаивала школа позиционирования М. Портера) различий по показателю прибылей. Наконец, до ресурсной концепции исследователи исходили из упрощенных представлений о том, что фирма в рамках отрасли однородности с точки зрения ресурсов и стратегий и что ресурсы являются высококомбинированными.

В исследованиях в рамках ресурсной теории делается акцент на том, что предпринимательские фирмы представляют собой портфели идиосинкразических и трудных для имитации активов и компетенций («ресурсов»). Как отмечает Д.Дж. Тис, в рамках этого подхода конкурентные преимущества в конкретный момент времени могут проистекать от владения редкими, но ценными и трудными для имитации активами, особенно ноу-хау [9]. Однако в быстроразвивающейся деловой среде, открытой для глобальной конкуренции и характеризующейся разбросанностью географических и организационных источников инноваций и производства, устойчивые преимущества требуют не только владения трудными для репликации (знаниевыми) активами. Они требуют также уникальных и трудных для репликации динамических способностей. Эти способности можно заставить непрерывно работать на создание, расширение, обновление, защиту и удержание уникальной и ценной базы активов компании. Для удобства анализа динамические способности можно подразделить на: (1) умение распознавать и формировать перечень возможностей и угроз; (2) умение использовать 1 возможность; (3) умение поддерживать конкурентоспособность через усиление, комбинирование, защиту и затем реконfigurирование нематериальных и материальных активов фирмы. Динамические способности включают в себя трудные для репликации способности фирмы, которые необходимы для адаптации изменяющихся возможностей спроса и технологии. Они также включают в себе умение фирмы формировать экосистему, в которой она существует,

разрабатывать новые продукты и процессы, а также проектировать и внедрять жизнеспособные бизнес-модели. Предполагается, что отличное владение такими способностями «оркестрирования» является основой умения фирмы успешно осуществлять инновации и становиться обладателем достаточно высокой ценности для получения наилучших долгосрочных финансовых результатов. Отсюда следует тезис о том, что хотя долгосрочная результативность фирмы и определяется в некоторой степени тем, как (внешняя) бизнес-среда вознаграждает ее за накопленный багаж активов, тем не менее развитие и использование (внутренних) динамических способностей лежат в основе успеха и неудач фирмы.

Произошедшее на рубеже конца XX - начала XXI вв. кардинальное изменение природы, источников и механизмов формирования устойчивых конкурентных преимуществ предприятий, обусловили резкое усиление значимости предпринимательской деятельности, человеческих ресурсов и инноваций в хозяйственном развитии [1]. При этом внутриотраслевые различия в прибылях, вызванные появлением инновационной ренты, стали преобладать над межотраслевыми. Многочисленные эмпирические исследования свидетельствуют о том, что свойственная предприятиям неоднородность, связанная с системными различиями в степени контроля над ресурсами в рамках стратегической перспективы, позволяет обладать устойчивыми конкурентными позициями за счёт использования уникальных ресурсов и организационных способностей и получать дополнительную прибыль. Защитными механизмами, способствующими извлечению экономической ренты в условиях равновесия являются факторы, затрудняющие копирование конкурентных преимуществ предприятия [4]. К таким механизмам изоляции относятся: отраслевые технические стандарты, уникальные комплементарные активы, скрытые (непроявленные) знания (технологическое или управленческое ноу-хау), высокие издержки переключения на новых поставщиков и др. Особенно сильны защитные механизмы организационного происхождения (траектория развития фирмы и неопределенности причинно-следственных связей): в случае способностей, встроенных в управленческие рутины, процессы и культуру фирмы, то, что является отличительным, нельзя купить и продать, не приобретая саму фирму или одно или более её подразделений.

Формирование успешной стратегии развития форм организации и управления строительным производством предполагает поддержание сбалансированности параметров результативности и эффективности деятельности строительной организации. Достижение намеченной результативности ее деятельности определяются способностями создания инноваций, поиска новых предпринимательских возможностей, проактивного управления, ориентированного на удовлетворения рыночных ожиданий и меняющихся потребностей рынка. Эффективность деятельности строительной организации во многом связана с ее способностью рутинизировать процессы и процедуры, которые направлены на постоянное улучшение существующих продуктов, технологий и практики управления бизнесом. Одновременное поддержание параметров результативности и эффективности, предусматривает сбалансированное формирование процессов поиска нового и использования существующего, и является сложной задачей, так как ориентация на использование существующего часто вытесняет ориентацию на поиск нового. Соотношение между поиском нового и ориентацией на использование существующего может меняться в зависимости от стадии жизненного цикла организации. Так, на ранних его стадиях у строительной организации часто появляется настоятельная потребность ориентации на поиск нового, в то время как на более поздних его стадиях обычно возникает необходимость в формализации управления, создании необходимых управленческих рутин с целью использования накопленных знаний и постоянного улучшения существующей практики предпринимательства на основе инноваций.

Выбор рациональных форм и методов управления строительным производством предполагает обеспечение их соответствия конкурентной ситуации ресурсам и динамическим способностям строительного предприятия и может происходить путем подбора того или иного вида стратегии при возникновении реальной ситуации аналогичной типовой, а так же моделированием или построения нового способа действий с помощью интуитивных и эвристических приемов. Для решения количественных и качественных аспектов стратегических проблем часто требуется использовать гибридные модели, представляющие собой синтез формально-логических (традиционных) и логико-лингвистических процедур. Подходы к разработке стратегии предпринимательского управления должны соответствовать реальным политическим, экономическим

и социальным условиям, складывающимся в современной российской действительности, а также быть адаптированы к особенностям отрасли строительства, способствуя ее сбалансированному функционированию и развитию.

В настоящее время в рамках концепции динамических способностей не сложилось представление об едином списке динамических способностей и предлагается спектр качеств, различным образом характеризующих динамический потенциал организации: инновационная ориентация; предпринимательская ориентация; управление знаниями («поглощающая способность», организационное обучение и т.п.); способность «оркестрировать» активы; координационные способности и т.п. Важная роль среди этих качеств принадлежит поглощающей способности организации, для ее описания предложена концепция, в рамках которой предпринимаются попытки интегрировать такие современные направления менеджмента, как управление знаниями, концепция динамических способностей, теория организационного обучения, концепция «открытых инноваций». Поглощающая (абсорбционная) способность организации (absorptive capacity) характеризует ее способность осознавать ценность новой внешней информации, усваивать ее и применять в коммерческих целях. Строительные организации с высоким уровнем абсорбционной способности умеют сканировать внешнюю среду, распознать важные события и использовать их в своей деятельности. Поглощающая способность строительной организации предполагает наличие у нее способности к обучению. Эта способность может основываться на использовании результатов исследований и разработок. Вместе с тем организации часто их проводят не только для создания новых знаний, но также для восприятия и использования знаний, созданных во внешней среде.

Для осуществления успешного управления строительным производством особое значение имеет использование проектного подхода, который выступает ключевым инструментом реализации стратегических целей и внедрения инноваций. Предпринимательский проект разрабатывается на основе стратегических приоритетов, предпринимательской идеи, а также анализ факторов внутренней среды, ближнего и дальнего окружения и включает в себя ряд взаимосвязанных во времени этапов.

Разработка и реализация предпринимательского проекта в сфере строительства являются весьма сложным и многомерным процессом. Для системного описания данного процесса требуется использовать разнооб-

разные показатели: абсолютные и относительные; интегральные и частные; качественные и количественные; натуральные, временные и стоимостные; фактические и нормативные (эталонные); социальные, экономические, финансовые, технологические, экологические; ресурсно-затратные и рыночно-продуктовые; показатели осуществления всего цикла проекта и отдельных этапов и др.

При оценке и выборе предпринимательского проекта в строительстве важно учитывать влияние разнообразных факторов, характеризующих: стратегическую значимость проекта; вид объекта строительства; характер эффекта проекта (коммерческий, социальный, экологический и т.д.); масштабы проекта; срок реализации проекта; особенности местоположения объекта; способы строительства; формы финансирования; вид денежного потока; применение инноваций в проекте (технологических, управленческих, экономических, социальных, экологических); рыночные особенности проекта; тип предполагаемых доходов; характер конкуренции на рынке; тип взаимосвязи с другими проектами: независимый, альтернативный, комплиментарный, замещающий; уровень риска.

Создание эффективной системы организации и управления ресурсами и способностями строительной предпринимательской структуры предполагает формирование связанного с реализацией проекта набора методов и инструментов достижения его цели, учитывающих особенности формирования системных эффектов при различной комбинации разных видов активов. Для коспециализированных активов строительной организации их совместное использование увеличивает создаваемую ими ценность. При этом коспециализация часто приводит к формированию «узкого рынка» (*thin market*), к обусловленным наличием специфичности активов, которые не могут быть легко куплены на рынке. Использование внешних выгод коспециализации может быть получено за счет создания кооперационных форм деятельности независимых строительных организаций [2,6,8]. Коспециализация позволяет предлагать дифференцированные строительные услуги и продукты, создавая и уникальные условия для присвоения предпринимательской ренты.

В рамках сложившихся подходов по проектному финансированию строительства объектов выработан определенный набор инструментов и правил принятия оптимального решения на основе инвестиционных критериев с использованием метода дисконтирования и установления денежных потоков и неопре-

деленности и /или риска. Однако важно адекватно оценить взаимозависимость между денежными потоками и изменением затрат с учетом наличия множества взаимосвязанных возможностей коспециализации материальных и нематериальных активов строительной организации. Проблема состоит в том, что рентабельность одного из коспециализированных активов обычно не может быть точно выделена и измерена, это обуславливает ограниченность традиционных подходов и инвестиционных критериев, которые не позволяют учитывать такие особенности нематериальных активов как коспециализация, необратимость и альтернативные затраты [9]. Использование эффекта возрастающей отдачи предполагает осуществление выбора сбалансированного портфеля инвестиционных проектов, который отличается от выбора исключительно традиционными финансовыми инструментами и основан на адекватном сравнении эффектов в контексте реализации инноваций, динамики рыночного спроса и реакции конкурентов во времени, а также возможностей реального обесценивания тех или иных активов под влиянием социально-экономических и организационно-технологических изменений.

Одним из наиболее сложных аспектов стратегического управления строительной организацией является адекватный учёт фактора времени, что предполагает переход от реактивной к проективной модели поведения предприятия, позволяющей «конкурировать за будущее» на основе опережающего создания и развития уникальных ресурсов и способностей [1]. В связи с этим для успешного решения проблемы взаимодействия внутренней среды бизнес-структур с внешней средой важным становится разграничение их неизменных и меняющихся компонентов, компетенций и динамических способностей предприятия. Как свидетельствует мировая практика, реализация эффективных форм организационного обучения является важнейшим фактором успешной конкуренции почти во всех сферах предпринимательской деятельности, позволяющим даже в сферах с низкой скоростью перемен, интегрировать, создавать и менять конфигурацию своих компетенций, систематически генерируя и модифицируя свои операционные рутины. Выработка адекватной стратегии инновационно-технологического развития строительной организации предполагает целостное осмысление проблем формирования 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 концепций, в зависимости от ситуационных контекстов на основе динамического анализа траектории движения предприятия и различных вариантов изменения рыночного пространства деловой активности во взаимосвязи с организационными инновациями.

При анализе процессов позиционирования строительной организации и выборе адекватных критериев позиционирования на рынках строительной продукции важно учитывать, что, во-первых, кратко- и долгосрочные перспективы роста в различных сегментах рынка могут не совпадать (в том числе – быть противоположными). Во-вторых, в условиях насыщения спроса и наличия острой конкуренции позиция организации зависит часто не столько от занимаемой рыночной доли, сколько от качественных параметров строительной продукции и качества услуг. В связи с этим следует применять соответствующие критерии позиционирования строительной организации. Так, в настоящее время вместо показателя относительной доли рынка, обычно важно использовать обобщенный критерий конкурентного статуса, а взамен темпов роста спроса – аналогичный по степени обобщения параметр привлекательности рынка. Привлекательными являются компактные наборы критериев позиционирования типа матрицы БКГ, которые можно модифицировать. Так, при насыщенном спросе вместо относительной доли рынка можно использовать признак сравнительного преимущества строительной продукции и услуг. Наряду с показателем темпа роста спроса целесообразно применять отраслевую норму прибыли, интенсивность конкуренции, уровень цен и др. При оптимальном значении рыночной доли вступает в силу установка её сохранения. Если рыночная доля меньше оптимальной величины, у строительной организации существуют две стратегические возможности: увеличения доли рынка или ухода с него. Кроме того, стратегии расширения доли рынка могут подразделяться на продуктовые инновации, инновации в расширение строительного производства и в продвижение продукции.

Одним из важнейших факторов выбора рациональных форм и методов управления является размер строительной организации. Доминирующей стратегией организации деятельности крупных компаний можно считать стратегию, позволяющую получать положительные эффекты масштабов. Средние по размерам строительные организации обычно

могут успешно функционировать, если будут придерживаться специализации, при этом они могут выбрать один из четырех видов стратегии роста: сохранения; «поиска захватчика»; лидерства в нише; выхода за рамки ниши. В конкурентной борьбе с крупными компаниями мелкие строительные организации могут использовать свои главные преимущества: гибкость и мобильность. Смысл стратегии малых предприятий состоит в том, чтобы наилучшим образом использовать свои преимущества: деятельность в сферах, традиционно обслуживаемых только малым бизнесом; стратегию копирования; стратегию оптимального размера, которая заключается в освоении мелко-масштабных и специализированных рынков; стратегию использования преимуществ крупной фирмы (мелкое предприятие сотрудничает с крупным на условиях франчайзинга)[2]. Конкретные виды стратегических установок различаются целями и способами реализации. Выбор действий всегда предполагает оценку как внешних шансов и угроз, так и внутренних возможностей строительной организации.

Для успешного технологического развития строительной организации и применения конкурентоспособных методов строительства важно задействовать все инновационные источники, обусловленные эффектами пространственной близости научно-исследовательских, образовательных и проектных организации и иных структур. Формирование инновационной кооперации будет способствовать вовлечению в инновационную систему все новых участников, обеспечивая необходимое сочетание коммерческих интересов, достижение тактических и стратегических целей модернизации строительного производства [5,6].

Для активизации процессов трансфера знаний и технологий требуется разработка программы инновационных изменений в строительной организации, системно увязанной с основными составляющими комплексной программы ее развития и включающая в себя инновационные проекты, согласованные по ресурсами, срокам стадиям реализации. Данные проекты смогут различаться по характеру целей, уровню решения задач, ввиду инноваций и период осуществления.

Важным направлением активизации инновационно-инвестиционных процессов является применение института государственно-частного партнерства (ГЧП), который является продуктивным инструментом привлечения и использования ресурсов государства и бизнеса для реализации общественно значимых проектов и программ в широком спектре от-

раслей экономики и НИОКР. Для этого могут применяться разные виды соглашений между государством и бизнесом: сервисный контракт; управляющий контракт; аренда и временная передача прав; концессионное соглашение; акционирование, долевое участие частного капитала в государственных предприятиях (совместные предприятия) [7]. В нашей стране наиболее распространены следующие формы ГЧП: заключение договоров о реализации проектов, в которых в качестве равноправных партнеров (каждый со своим вкладом в проект) участвуют структуры государственной (или муниципальной) власти и частные компании; представление государственной поддержки реализуемых частным бизнесом проектов в стратегических направлениях или на определенных территориях; создание хозяйствующих обществ со смешанным (государственным и частным) капиталом; сотрудничество государства и бизнеса в развитии социальной сферы.

### Заключение

Происходившие в условиях восстановительного роста изменения в российской экономике способствовали формированию предпосылок её перехода к качественно новому этапу развития и сопровождались усилением влияния на деятельность строительных предпринимательских структур различных факторов, связанных с возрастанием роли инноваций, трансфера знаний и технологий, конкурентной борьбы и предпринимательских рисков. В связи с этим повышается значимость решения проблемы применения строительными предпринимательскими структурами более эффективных форм организации и методов строительства, соответствующих меняющимся социально-экономическим условиям и способствующих созданию инновационной ренты на основе развития и реализации конкурентных преимуществ. Формирование конкурентной стратегии строительной организации требует реализации проактивного системно-динамического подхода. При этом особое значение приобретают организационно-управленческие факторы, процессы организационного обучения, формирование ключевых компетенций, способности выстраивания в бизнес-системы и максимальной реализации потенциала нематериальных активов.

### Библиографический список

1. Бирюков В. В. Производительность хозяйственных систем и модернизация промышленного производства // Вестник СибАДИ.-2012.-№1 (23).

2. Бирюков В. В., Романенко Е. В. Институт и институционально-эволюционная парадигма развития малого предпринимательства // Омский научный вестник.- 2012.-№1.

3. Иванова О. Формирование стратегии в сфере строительства: методические основы // Проблемы теории и практики управления.- 2012.-№6.

4. Катькало В. С. Методологические особенности и приоритеты развития ресурсной концепции стратегического управления // Экономическая наука современной России. – 2003. - № 2.

5. Кирничный В. Ю. Совершенствование технологий и методов строительного производства в условиях создания инновационного кластера // Вестник СибАДИ.- 2012.-№5.

6. Кирничный В. Ю., Бирюков В. В. Технологическое развитие строительного производства и совершенствование методов строительства в регионе // Вестник СибАДИ.- 2012.-№6.

7. Манько Н. Инновационные проекты: использование государственно-частных партнерств // Проблемы теории и практики управления.- 2012.-№6.

8. Плосконосова В. П. Романенко Е. В. Деловая среда развития малого предпринимательства и формирование источников предпринимательской ренты // Вестник СибАДИ.-2012.-№1.

9. Тис Д. Дж. Выявление динамических способностей: природа и микрооснования (устойчивых) результатов компании // Российский журнал менеджмента.- 2009.-Т.7.- №4.

### CHOICE OF RATIONAL FORMS AND MANAGEMENT METHODS IN THE CONSTRUCTION OF PRODUCTION AND INCREASE ITS COMPETITIVE ADVANTAGES

V. V. Biryukov, V. Y. Kirnichny

The problems of rational choice of forms and methods of management in the construction and formation of strategies to improve the competitiveness of construction companies and shows the features of their competitive advantage in the innovation economy.

*Бирюков Виталий Васильевич – доктор экономических наук, проф., проректор по научной работе Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основные направления научных исследований: экономика и управление народным хозяйством, организациями сферы строительства и транспорта; экономики и предпринимательства. Общее количество опубликованных работ: более 180. E-mail: prorektor\_nis@sibadi.org*

*Кирничный Владимир Юрьевич - доктор экономических наук, проф., ректор Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основные направления научных исследований: организация и технология строительства.*

## ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХРАННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНЦИИ

С. В. Кондратюков, С. С. Стаурский

**Аннотация.** Современные процессы конкурентной борьбы между охранными организациями различных форм собственности требуют поиска новых научных подходов к их изучению, с целью обеспечения цивилизованных условий хозяйствования в этой сфере, максимального удовлетворения потребностей в охране и безопасности. В статье приводится информация о динамическом характере экономической эффективности охранных организаций в условиях конкуренции. По мнению авторов статьи, разработанную концепцию моделирования и оценки эффективности охранных организаций на рынке целесообразно использовать для объективной оценки действий организаций-конкурентов.

**Ключевые слова:** охранные организации, динамическая модель, функция, точка безубыточности, интеграл.

### Введение

В предыдущей своей работе [2] авторы рассматривали коэффициент, характеризующий эффективность хозяйствования подразделений вневедомственной охраны. С учетом временного фактора, данный коэффициент имеет следующий вид

$$\Xi(t) = \frac{P(t)}{3(t)} \quad (1)$$

Таким образом, все переменные, влияющие на величину эффективности организации:  $P(t)$ ;  $3(t)$  – становятся функциями времени.

Условие достижения максимальной эффективности на рынке по динамическим показателям усложняются временным аргументом -  $t$ ). Сравнительный анализ эффективности в динамике имеет экономический смысл только на промежутках сравнения:  $(0 - t)$  или  $(t_1 - t_2)$ , то есть в относительно длительных периодах хозяйствования.

Таким образом, экономическая эффективность, как основная составляющая конкурентоспособности имеет сравнительный и динамический характер на рынке в условиях конкуренции.

### Основная часть

Соответственно и конкурентоспособность организации является сравнительной и динамической характеристикой объекта управле-

ния. Кроме того, конкурентоспособность на рынке превращается в интегральное, обобщающее целевое свойство экономической системы, определяющее основной тренд ее развития.

Динамический характер показателей экономической эффективности организаций в условиях конкуренции отмечен нами выражением (1).

При таком подходе, требуется оценивать показатели организаций на рынке в относительном сравнении с конкурентами и с учетом времени. Для чего может быть применен соответствующий математический аппарат и графическое моделирование.

Разработанная методика динамического моделирования позволяет в первом приближении проводить экономико-математический анализ деятельности конкурентов в длительном периоде хозяйствования.

Для чего представим линейную двухфакторную динамическую модель изменения функций результата деятельности организации (полученного дохода –  $V(t)$ ) и затрат капитала -  $K(t)$ , используя классическую зависимость для вычисления точки безубыточности, заменив единицы измерения количества произведенной продукции (оказанных услуг) по оси абсцисс временем рис. 1.

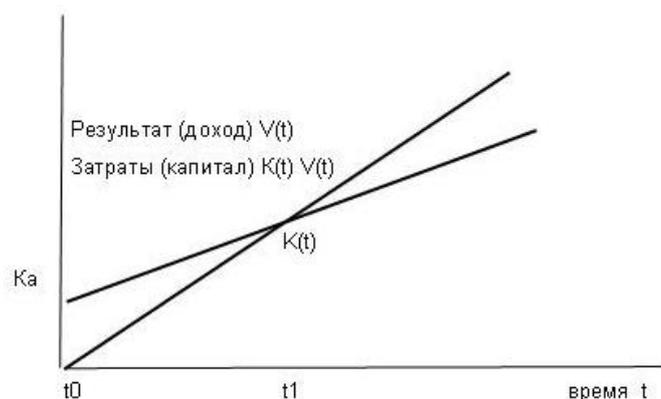


Рис. 1. Линейная динамическая двухфакторная модель изменения результата и затрат организации

На рисунке 1 приняты следующие обозначения:

$K_a$  – величина постоянных затрат организации;

$t_0$  – время начала функционирования организации на рынке;

$t_1$  – время достижения равенства функций  $V(t) = K(t)$  или время достижения точки безубыточности (нулевой прибыли);

$V(t) = ct$ , где  $c$  – коэффициент, определяющий угол наклона прямой дохода или скорость его изменения (имеет размерность руб/ед. времени);

$K(t) = K_a + vt$ , где  $v$  – коэффициент, определяющий угол наклона прямой затрат или скорость их изменения (размерность руб/ед. времени).

Данная формализация позволяет аппроксимировать реальные нелинейные функции полученного дохода и затрат в прямые линии, чтобы наглядно представить функцию эффективности организации в динамике, которую представим следующим выражением

$$\varepsilon(t) = \frac{V(t)}{K(t)} = \frac{ct}{K_a + vt} \quad (2)$$

Представленная функция эффективности организации (2) является нелинейной возрастающей динамической кривой и выглядит следующим образом (рис. 2).

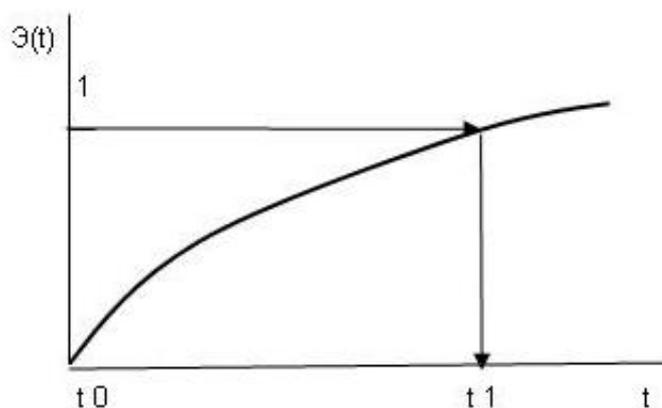


Рис. 2. Функция динамической эффективности организации

Очевидно, что в точке  $t_1$  - функция эффективности  $\mathcal{E}(t) = 1$ .

Степень возрастания функции эффективности, прямо пропорциональна коэффициенту  $-c$ , определяющему скорость возрастания доходов (результата) и обратно пропорциональна коэффициенту  $-v$ , определяющему скорость возрастания расходов (затрат).

Для оценки эффективности функционирования организации в условиях конкуренции, необходимо постоянное во времени (или на определенных интервалах), сравнение функций  $\mathcal{E}(t)$ . Так как в окрестностях отдельно взятых временных точек, величина эффективности по выражению (1) не может объективно отражать позицию организации на рынке в динамике.

При таком подходе, количественная оценка эффективности деятельности организаций – конкурентов предполагает нахождение значений определенных интегралов от функций  $\mathcal{E}(t)$ . Их значения определяют площадь криволинейных фигур, ограниченных функциями эффективности организаций на определенных временных промежутках сравнения.

Для дальнейшего анализа применим математический аппарат интегрального счисления. С целью нахождения площади криволинейной фигуры, ограниченной функцией эффективности, следует проинтегрировать эту функцию по времени

$$\int \frac{ct}{Ka + vt} dt \quad (3)$$

После выполнения математических действий получим формулу для вычисления определенного интеграла

$$\int \frac{ct}{Ka + vt} dt = \frac{c}{b^2} [Ka (1 - \ln Ka + vt) + vt] \quad (4)$$

Таким образом, мы получили выражение (4) для расчета в динамике экономической эффективности организаций [3].

Так, сравнивая значения определенных интегралов (3) по выбранному промежутку времени  $(0 - t)$ , можно количественно оценить уровень достигнутой эффективности конкурентов на рынке, исходя из сравнения площадей фигур, ограниченных функциями экономической эффективности:  $\mathcal{E}_1(t), \mathcal{E}_2(t), \dots, \mathcal{E}_n(t)$  (рис. 3).

Кроме того, имеет смысл оценивать и время достижения точки безубыточности -  $t_1$ , которое характеризует инерционность управления организациями. Очевидно, что чем ниже время  $t_1$ , тем быстрее организация достигает нулевой прибыли и выходит на эффективность деятельности, превышающую единицу ( $\mathcal{E}(t) > 1$ ).

Графическая интерпретация динамических моделей эффективности организаций представлена на рис. 3.

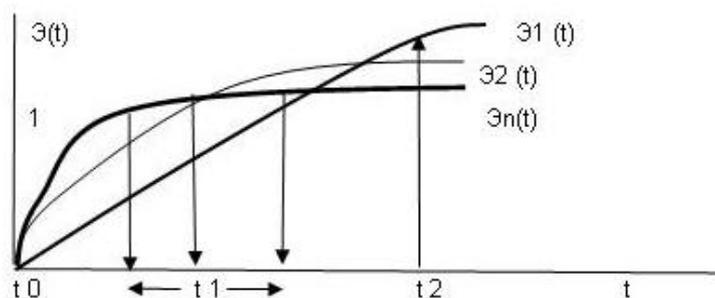


Рис. 3. Функции динамической эффективности

Как видно на рисунке 3, временной промежуток сравнения эффективности организаций:  $(0 - t_2)$ . Подставляя значение времени -  $t_2$  и соответствующие коэффициенты  $-c, v, Ka$  в формулу (4), мы сможем вычислить площади фигур, ограниченных функциями:  $\mathcal{E}_1(t), \mathcal{E}_2(t), \dots, \mathcal{E}_n(t)$ .

Очевидно, что условие лидерства на рынке организации по экономической эффективности можно представить следующим неравенством

$$\int_0^{t_2} \mathcal{E}_{\text{лидера}}(t) dt > \int_0^{t_2} \mathcal{E}_1(t) dt > \int_0^{t_2} \mathcal{E}_n(t) dt \quad (5)$$

Таким образом, авторская концепция количественной оценки экономической эффективности организаций на рынке позволяет сравнивать деятельность конкурентов в динамике.

Линейная аппроксимация функций результата деятельности организаций и ее затрат способна формализовать сложные зависимости временных характеристик экономической эффективности в длительном периоде хозяйствования [1].

С учетом рыночной динамики имеет смысл оценивать и скорость изменения эффективности организаций-конкурентов. Для чего необходимо провести касательные к функциям на рисунке 3 и по углу их наклона оценить динамику изменения эффективности (чем угол касательной к оси абсцисс будет выше, тем скорость роста эффективности больше).

Либо продифференцировать функцию (2) и оценивать скорость изменения эффективности по формуле

$$Э'(t) = \frac{(ct)(Ka + vt) - ct(Ka + vt)'}{(Ka + vt)^2} \quad (6)$$

#### Заключение

По мнению авторов данной статьи, разработанную концепцию моделирования и оценки эффективности организаций на рынке следует использовать для объективной корректировки управления показателями с учетом временного фактора и действий организаций-конкурентов.

#### Библиографический список

1. Зайцев Н. Л. Экономика промышленного предприятия: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2006. С. 224.
2. Кондратюков С. В., Стаурский Е. С. Новые подходы к оценке экономической эффективности охранных организаций в условиях конкуренции //

Научный вестник Омской академии МВД России. - 2011. - № 4. С. 8-11.

3. Экономико-математические методы и прикладные модели: учебное пособие для вузов / под ред В. В. Федосеева. М.: Союз, 1999. С. 280.

#### DYNAMIC MODELLING OF ECONOMIC EFFICIENCY THE SECURITY ORGANIZATIONS IN CONDITIONS OF A COMPETITION

S. V. Kondratyuk, S. S. Staursky

Modern processes of competitive struggle between the security organizations of various patterns of ownership demand search of new scientific approaches to their studying, with the purpose of maintenance of the civilized conditions of managing in this sphere, the maximal satisfaction of needs for protection and safety. In clause the information on dynamic character of economic efficiency of the security organizations in conditions of a competition is resulted. In opinion of authors of clause, the developed concept of modelling and an estimation of efficiency of the security organizations in the market is expedient for using for an objective estimation of actions of the organizations-competitors.

*Кондратюков Сергей Владимирович – кандидат экон. наук, доцент ФГКОУ ВПО «Омская академия МВД России». Основное направление научных исследований: Экономическая эффективность и безопасность хозяйствующих объектов. Общее количество публикаций: 48. E-mail: ksv-omsk@mail.ru.*

*Стаурский Станислав Станиславович – кандидат экон. наук, доцент ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Основное направление научных исследований: Экономическая эффективность и безопасность хозяйствующих объектов. Общее количество публикаций: 36. E-mail: Ses-qq@yandex.ru.*

## МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ СТРУКТУР В СФЕРЕ ТУРИЗМА

Т. Н. Тарасова

**Аннотация.** *Статья посвящена проблеме конкурентоспособности предпринимательских структур в индустрии туризма. Автором разработан механизм управления конкурентоспособностью, состоящий из последовательного прохождения ряда этапов. Данный механизм достаточно прост в использовании и подходит, в том числе, для малых форм предпринимательских структур туризма.*

**Ключевые слова:** *предпринимательская структура, конкурентоспособность, управление.*

### Введение

В настоящее время можно утверждать, что рынок туристических услуг в России является рынком совершенной конкуренции – число предпринимательских структур, оказывающих услуги по формированию и реализации туристических продуктов неуклонно растёт. При этом говорить о повышении культуры предпринимательства в данном сегменте бизнеса пока рано. Нерациональная государственная политика в отношении туризма, несовершенная нормативно-правовая база, призванная регулировать данную сферу, а также возрастающий спрос на туристические услуги со стороны населения спровоцировали появление большого количества предпринимателей-непрофессионалов. Услуги, оказываемые такими фирмами, зачастую крайне неконкурентоспособны, что влияет на имидж отрасли в целом и создаёт сложности тем предпринимателям, которые способны оказать действительно качественную услугу. Как правило, причины низкой конкурентоспособности предприятий туризма имеют 2 основания:

1) недостаток опыта работы в отрасли — незнание особенностей рынка и тонкостей туристического бизнеса, отсутствие клиентской базы, неспособность на ранних стадиях жизненного цикла развивать материально-техническую базу и оплачивать труд менеджеров-профессионалов и проч.;

2) отсутствие стратегических целей — фирма основывается на короткий срок с целью обогащения на повышенном спросе в период туристического сезона. [1]

В обоих случаях конкурентоспособность таких предпринимательских структур и их услуг будет невысокой, и пострадает от этого, в первую очередь, потребитель. Дополнительные сложности для развития предпринимательства в туризме создаёт отраслевой и системный экономический кризис. Таким обра-

зом, вопросы повышения конкурентоспособности предпринимательских структур как никогда актуальны для российской индустрии туризма.

### Основная часть

Как экономическая категория конкурентоспособность в туризме может рассматриваться в нескольких взаимосвязанных между собой аспектах: конкурентоспособность страны, конкурентоспособность предпринимательской структуры, оказывающей туристические услуги и конкурентоспособность непосредственно самой туристической услуги. Экономическая теория предлагает множество определений понятия конкурентоспособности, каждое из которых охватывает ту или иную его сторону, либо делает попытку его комплексной характеристики. Автором статьи предложено следующее определение понятия конкурентоспособности предпринимательской структуры в сфере туризма:

Конкурентоспособность предпринимательской структуры в туризме — это комплекс характеристик, позволяющих предпринимательской структуре удовлетворять потребности целевого сегмента в качественных туристических услугах и обеспечивающих её экономическую устойчивость в условиях конкуренции.

Сегодня проблеме конкурентоспособности предпринимательских структур в науке уделяется достаточно внимания, при этом не все предложенные теорией механизмы управления конкурентоспособностью могут быть эффективно применены региональными предпринимательскими структурами, работающими в индустрии туризма. Как правило, это структуры малого предпринимательства, занимающиеся продвижением туристического продукта. На практике только очень небольшое их количество имеет реальную возможность исследовать собственную конкуренто-

способность и анализировать её динамику при помощи современных методик. Таким образом, актуальна разработка адекватного специфике туризма механизма управления конкурентоспособностью.

Под механизмом понимается такая связь компонентов системы, при которой воздействие одного или нескольких элементов вызывает определённое изменение ряда или всех компонентов данной системы.

Автором статьи предлагается следующий поэтапный механизм управления конкурентоспособностью предпринимательской структуры туризма (см. рис. 1.)

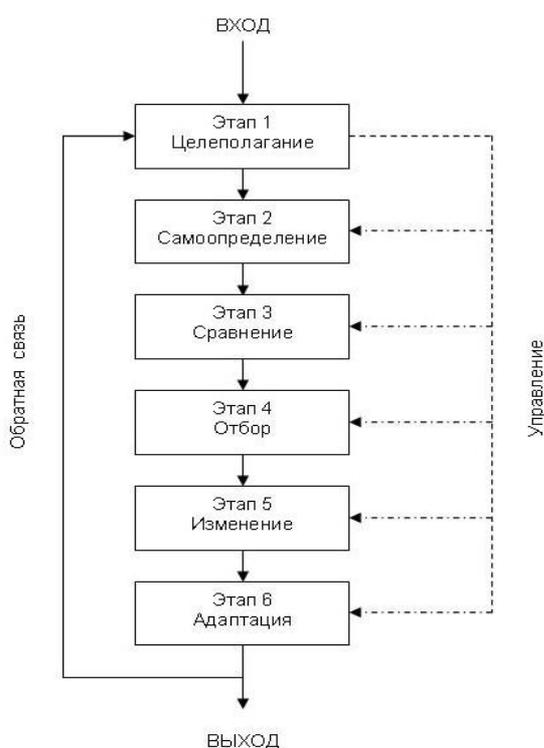


Рис. 1. Механизм управления конкурентоспособностью предпринимательской структуры в туризме

Рассмотрим предложенный механизм подробнее.

Этап 1. Целеполагание.

Прежде всего, необходимо определить, какую задачу при запуске механизма управления конкурентоспособностью хочет решить для себя предприниматель:

- повысить уровень стратегической конкурентоспособности с целью достижения лидерских позиций на рынке;
- повысить уровень текущей конкурентоспособности с целью получения сверхприбыли в краткосрочном периоде;

- удержать уровень конкурентоспособности на прежнем уровне.

В каждом случае набор критериев конкурентоспособности может быть различным. Также может отличаться набор конкурентов, выбранных для анализа. Именно наличием и содержанием цели обусловлено управление каждым этапом данного механизма — какова цель, таким будет и содержание.

Этап 2. Самоопределение.

Предпринимателю необходимо определить своё место на рынке туристических услуг региона, другими словами, подсчитать долю своей предпринимательской структуры. Сделать это можно при помощи следующей формулы:

$$V = V_i/V_m,$$

где  $V_i$  — объём реализованных предпринимательской структурой туристических услуг (или объём полученного дохода);

$V_m$  — совокупный объём реализованных на рынке региона туристических услуг (или совокупный объём дохода всех предпринимательских структур туризма в регионе).

Этап 3. Самоопределение.

Сравнение предпринимательской структуры по выбранным в соответствии с целями параметрам с соответствующими параметрами конкурентов. При этом важно правильно определить круг конкурентов, поскольку сравнивать со всеми не только невозможно, но и нецелесообразно. Так, например, туристическому агентству имеет смысл сопоставлять себя с агентствами, расположенными в непосредственной близости и обслуживающие один и тот же район.

Для управления конкурентоспособностью предпринимательской структуры туризма следует сделать отбор наиболее значимых показателей и факторов макросреды, инфраструктуры региона и микросреды организации, а также регулярно осуществлять мониторинг этих параметров. Это необходимо для того, чтобы выявить пропорциональность состояния компонентов внешней среды компонентам внутренней среды туристской фирмы, и как следствие, разработать и внедрить мероприятия по повышению качества этих компонентов и обеспечению их пропорциональности.

Для того чтобы провести оценку конкурентоспособности туристской услуги следует определить факторы её конкурентоспособности и измерить их. При этом следует разделять туристическую услугу как таковую (сам турпродукт), от услуги по подбору и бронированию тура, оказываемой туристическим агентством. Можно предложить следующий набор

факторов конкурентоспособности услуги турагентства:

- 1) качество туристической услуги как продукта, который продвигает агентство;
- 2) качество сервиса (время на подбор тура, обращение с клиентом);
- 3) цена услуги;
- 4) затраты на оказание услуги;
- 5) доступность услуги (территориальная доступность агентства, возможность без затруднений связаться с менеджером).

Эти факторы по анализируемому микропредприятию следует сравнивать с соответствующими факторами основных конкурентов либо с собственными за предыдущие периоды.

#### Этап 4. Отбор.

На основании анализа, проведённого на предыдущем этапе, необходимо произвести отбор тех показателей, по которым предпринимательская структура уступает своим основным конкурентам в конкурентоспособности. Это и будут слабые места предпринимательской структуры, с которыми нужно работать.

#### Этап 5. Изменение.

Прежде всего, имеются в виду процессы изменения исходного состояния тех критериев, по которым предпринимательская структура уступает конкурентам. Как правило, изменение будет заключаться в комплексе решений, направленных на трансформацию состояния отдельных параметров предпринимательской структуры. Иногда для изменения состояния того или иного показателя (цена, качество обслуживания, имидж, востребованность услуги и т.п.) необходима разработка соответствующей стратегии.

#### Этап 6. Адаптация.

Выход на рынок с новыми параметрами конкуренции и стратегией поведения предполагает обязательную адаптацию самой предпринимательской структуры к своему новому состоянию. В большинстве случаев не следует ждать немедленной реакции рынка — потребителю нужно привыкнуть к новому качеству предпринимательской структуры. Кроме того, самому предпринимателю и персоналу структуры следует также выработать навык работы в новых условиях. Инструментами внутренней адаптации может стать профессиональное обучение, внешней — маркетинговая кампания.

Адаптация в таком разрезе невозможна без использования механизма обратной связи. Получая реакцию рынка, предприниматель сопоставляет её с целью, ради которой проводилось исследование. Это даёт возможность

понять, в верном ли направлении движется развитие предпринимательской структуры.

Как правило, реализация механизма управления конкурентоспособностью предполагает наличие в структуре специальной штатной единицы, ответственной за маркетинг. Тем не менее, малые формы предпринимательства такую единицу не содержат в виду собственной организационной и ресурсной ограниченности. Разработанный механизм выгодно отличается тем, что для его реализации достаточно ресурсов самой предпринимательской структуры:

1) на стадии определения целей (этап 1) ключевую роль играет предприниматель, собственник бизнеса;

2) на стадии исследования (этапы 2-4) предпринимателю или его сотруднику потребуются базовые знания маркетинга для определения критериев и проведения оценки по заранее известным методикам;

3) в стадии реализации (этапы 5-6) участвует весь персонал предпринимательской структуры.

#### Заключение

Таким образом, предложенный механизм прост и может быть использован, в том числе, в управлении конкурентоспособностью малых форм предпринимательских структур.

#### Библиографический список:

1. Тарасова Т. Н. Проблема управления конкурентоспособностью микропредприятия туризма. // Сибирский торгово-экономический журнал – 2012. – №16.

#### THE MECHANISM OF THE COMPETITIVENESS MANAGEMENT OF ENTERPRISE STRUCTURES IN TOURISM

T. N. Tarasova

The article is devoted to a problem of competitiveness of enterprise structures in the tourism industry. The author developed the mechanism of the competitiveness management that consists of a number of consecutive passing of stages. This mechanism is rather simple in use and approaches for small forms of enterprise structures of tourism.

*Тарасова Татьяна Николаевна - Старший преподаватель кафедры Менеджмента НОУ ВПО «Сибирский институт бизнеса и информационных технологий». Основное направление научных исследований: управление предпринимательскими структурами. Общее количество публикаций: 6. E-mail: tnt555@rambler.ru .*

УДК 338.47:656.07

## КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА КЛАСТЕРОВ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА АВТОТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

Н. Н. Чепелева

**Аннотация.** Анализ омского рынка грузовых автотранспортных услуг позволил выделить несколько кластеров предприятий. Их характеристика дает возможность определить конкурентные преимущества каждого кластера и учесть при формировании ресурсной стратегии, что способствует развитию ключевых компетенций предприятий, повышению эффективности использования ресурсов и конкурентоспособности.

**Ключевые слова:** кластерный анализ рынка, конкурентные преимущества, автотранспортные услуги, ключевые компетенции, грузовое автотранспортное предприятие.

### Введение

В современных условиях рынок автотранспортных услуг претерпевает значительные изменения. Предприятия объединяются на различных условиях, чтобы повысить конкурентоспособность, удовлетворить все возрастающие требования клиентов и улучшить свойства автотранспортных услуг. Кластерный анализ омского рынка перевозок позволил выделить характерные черты предприятий, осуществляющих свою деятельность на различных сегментах рынка автотранспортных услуг, что способствует идентификации их конкурентных преимуществ и оптимизации процессов формирования и реализации ресурсной стратегии.

### Основная часть

На омском рынке грузовых автотранспортных услуг осуществляют деятельность около трехсот предприятий различных организационно-правовых форм и форм собственности, а также около двух тысяч индивидуальных предпринимателей. Подавляющее большинство предприятий являются предприятиями малого бизнеса. Среди них есть открытые и закрытые акционерные общества, но наиболее часто встречающаяся форма организации бизнеса - общества с ограниченной ответственностью, учрежденные не только омскими предпринимателями, но и предпринимателями гг. Москва, Новосибирск и других, а также несколько международных компаний.

Работая на рынке автотранспортных услуг, предприятия используют как материальные ресурсы, так и не осязаемые, сложно поддающиеся идентификации и учету нематериальные ресурсы. Об их наличии можно судить по разнице в финансовых результатах предприятий, а также по различной степени эффективности использования ресурсов, да-

же у тех предприятий, которые обладают примерно одинаковой материально-технической базой. Как правило, предприятиям сложно определить, какие из ресурсов обеспечивают большую эффективность их работы и ответ на этот вопрос помог бы сконцентрировать усилия именно на тех ресурсах, которые обеспечивают конкурентоспособность на определенном сегменте рынка [1].

Разработка рекомендаций по формированию ресурсной стратегии предприятия грузового автомобильного транспорта требует уточнения условий, в которых функционирует предприятие. Невозможно пользоваться одними и теми же конкурентными преимуществами на разных сегментах, как правило, состав ресурсов у предприятий меняется в соответствии с условиями деятельности. Поэтому необходимо сегментировать рынок для определения состава ресурсов, обеспечивающих предприятию успешную деятельность.

Изучение участников регионального рынка автотранспортных услуг, позволило обнаружить, что, как правило, одним видом деятельности предприятия не ограничиваются. Это еще раз косвенно подтверждает их незнание относительно направлений использования своего потенциала. Используя диверсификацию, предприятие частично снижает риск убытков по какому-либо направлению своей деятельности за счет возможного получения прибыли по другим. Таким образом, предприятие не столько боится от рисков, сколько распыляет свои ресурсы и не может сконцентрироваться на улучшении своих профессиональных характеристик.

Одна из причин сложившейся ситуации – отсутствие надлежащего статистического учета деятельности предприятий малого бизнеса

во всех отраслях экономики. В 2011 году президент Д. А. Медведев поручил провести полное статистическое обследование малых предприятий. Данные хозяйствующие субъекты обеспечивают значительный прирост объема ВВП в нашей стране, который хотя и значительно меньше, чем в развитых европейских странах. Его игнорирование приводит к невозможности точного прогнозирования, составления планов развития отраслей и других финансовых и экономических документов [2, 3, 4, 5].

В то же время, если сбор информации об используемых ресурсах и результатах деятельности будет проводиться на регулярной основе, то это обеспечит формирование единого информационного банка данных, способного помочь предприятиям с использованием современных технических средств в режиме реального времени оценивать свое положение на рынке и идентифицировать стратегические активы, обеспечивающие конкурентоспособность [6].

При отсутствии соответствующей информационной системы оценить свой рейтинг представляется для предприятий довольно сложной проблемой, требующих значительных временных затрат [7]. К тому же предприятия, как уже было сказано, реализуют себя в нескольких видах деятельности: международные и междугородные перевозки, городские

грузоперевозки, экспедирование и хранение грузов, уборка мусора и территорий и т.п. Некоторые предприятия экспресс-почты также стали выдвигаться на рынок грузоперевозок и вполне успешно позиционируют себя на нем. Следовательно, необходимо не просто сегментировать рынок, но и определить группы предприятий, близких по своему потенциалу и действующих приблизительно на одних и тех же сегментах и схожих условиях, то есть конкурирующих между собой.

В силу большого количества участников рынка автотранспортных услуг анализу были подвержены 130 предприятий, имеющих веб-сайт. В результате кластерного анализа с применением программного продукта STATISTICA были сформированы четыре устойчивых кластера (рисунок 1):

- 1) 50 предприятий, занимающихся городскими автомобильными грузоперевозками, уборкой мусора и снега, предоставлением под заказ строительной и специализированной техники;
- 2) 41 предприятие, предоставляющее услуги на рынке международных и междугородных грузоперевозок;
- 3) 26 предприятий, занимающихся экспедированием грузов и предоставлением услуг складского хранения;
- 4) 13 предприятий экспресс-почты.

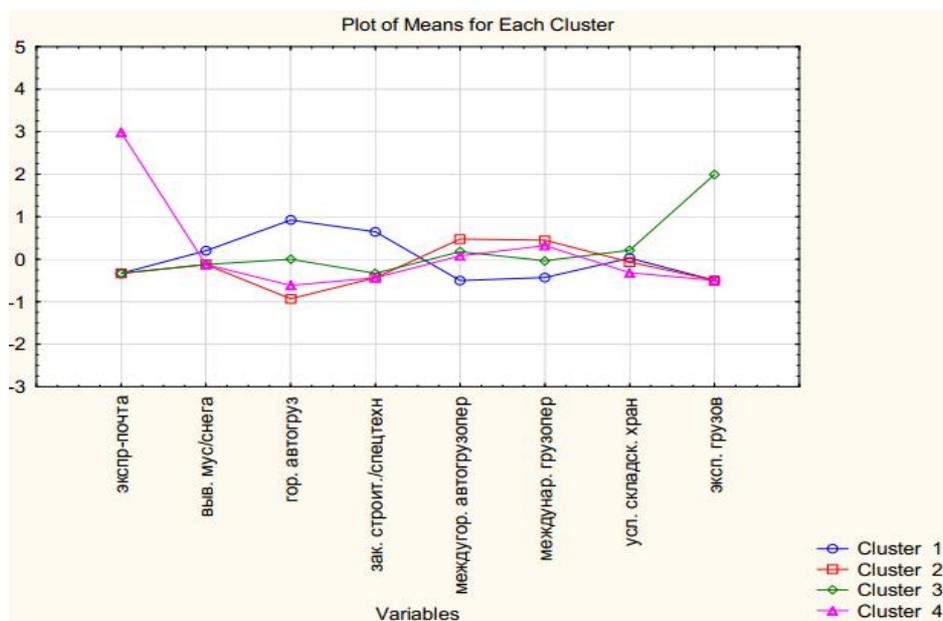


Рис. 1. График средних значений переменных для каждого кластера рынка автотранспортных услуг

Каждый кластер предприятий отличает присущие им характеристики, с которыми можно ознакомиться на веб-сайтах предприятий. Привлекая клиентов, предприятия стремятся акцентировать их внимание на тех компетенциях, которые им удаются лучше всего и которые они специально развивают. Таким образом, можно сделать вывод, что направление усилий на привлечение определенных ресурсов дает возможность успешно работать на тех или иных сегментах.

Так предприятия первого, самого большого кластера занимаются городскими автомобильными перевозками (дачные, квартирные, офисные переезды, продукты питания, алкогольные и безалкогольные напитки, бытовая химия, товары народного потребления, оборудование, строительные материалы, ГСМ и другие коммерческие грузы), а также предоставляют строительную и спецтехнику и вывозят мусор. Чтобы привлечь как можно больше клиентов, предприятия данного кластера стремятся разнообразить парк подвижного состава, оснащают его системами навигации, что позволяет в случае необходимости изменять маршрут. Они применяют круглосуточный режим работы и легко интегрируются с другими участниками рынка. Помимо перевозки, предприятия предлагают клиентам множество сопутствующих услуг – разнообразные средства погрузки-разгрузки, охрана, юридические консультации, документальное оформление сделки, страхование.

Предприятия стремятся к долгосрочным деловым связям, следят за репутацией, которая по большей части складывается на основе доброжелательного отношения водителей при контакте с заказчиком. Обеспечивая свободный доступ к информации, в том числе к бухгалтерским отчетам и уставу, предприятия данного кластера демонстрируют максимальную степень транспарентности. Гибкое ценообразование, предоставление скидок для постоянных клиентов, бесплатная подача транспортного средства и отсутствие минимальной оплаты, а также ее разные способы, обеспечивают конкурентные преимущества по ценовым критериям. В качестве функциональных свойств своих услуг предприятия декларируют короткий срок доставки, своевременную подачу автомобиля, отсутствие потерь и повреждений груза.

Таким образом, предоставление автотранспортных услуг с определенными ценовыми, функциональными и эмоциональными характеристиками, в комплексе с дополнительным сервисом является компетенцией предприятий данного кластера и развитие ре-

сурсов, обеспечивающих их реализацию должно стать основой их ресурсной стратегии.

Предприятия второго кластера функционируют на рынке международных и междугородных перевозок. Анализируя веб-сайты предприятий данного кластера можно сделать следующее наблюдение:

1) предприятия очень тщательно следят за репутацией, дорожат долговременным сотрудничеством, внимательны по отношению к потребителям автотранспортных услуг. Более половины предприятий данного кластера акцентируют на этом внимание своих потенциальных клиентов. Если предприятия первого кластера больше нацелены на развитие материальных ресурсов, а именно подвижного состава (это видно по разнообразным фотографиям автомобилей и другой техники, представленных на сайтах, и по их подробным описаниям), то предприятия второго кластера наоборот, в первую очередь уделяют внимание нематериальным ресурсам – связям, отношениям, знаниям). Это можно объяснить особенностями рыночного сегмента, на котором они работают, ведь они конкурируют и с иностранными предприятиями, для которых хорошее техническое состояние автомобилей – сам собой разумеющийся факт;

2) несмотря на то, что уровень обслуживания по таким характеристикам как отношение к клиенту и своей репутации среди предприятий данного кластера намного выше, предприятия не могут предоставлять услуги по завышенным ценам в силу жесткой конкуренции. Полный комплекс сопутствующих перевозке услуг (погрузка-разгрузка, оформление документов и страхование, охрана, маркировка и упаковка) является обязательным для выживания в подобной конкурентной среде и функциональные характеристики можно поставить на второе место по значимости для данного кластера;

3) как правило, основой своей успешной работы предприятия считают персонал, о чем сообщают в рекламных статьях;

4) длительный срок работы на рынке также привлекает внимание и доверие клиентов – почти половина всех предприятий данного кластера имеют опыты работы от 5-10 лет и больше;

5) индивидуальный подход к клиенту также привлекателен для них с эмоциональной точки зрения, поскольку предполагает множество привилегий – от гибких тарифов до условий и сроков перевозки;

6) разнообразный подвижной состав, использование в работе логистических принципов и интеграция с другими видами транспор-

та (только 6% предприятий заявляют о себе как владельцы подвижного состава) – основные характерные черты предприятий второго кластера.

Говоря о достоинствах данных предприятий необходимо также отметить и наличие у большинства из них филиальной сети во многих городах России и ближнего зарубежья. Предприятия перевозят негабаритные и опасные грузы, являются членами различных крупных организаций международных перевозчиков, при необходимости оказывают финансовые услуги, связанные с перевозкой и рассматривают различные формы оплаты. Данный кластер совсем немного уступает первому в количественном отношении, но зато он более конкурентоспособный из всех представленных на региональном рынке автогрузоперевозок.

Предприятия третьего кластера также являются участниками рынка междугородных перевозок, но они еще предоставляют услуги экспедирования и хранения грузов, поэтому были выделены в отдельный кластер. В него вошли не только профессиональные перевозчики, но также и предприятия, владеющие транспортными подразделениями для обслуживания своей деятельности и предоставляющие автотранспортные услуги и услуги по экспедированию и хранению в качестве дополнительного дохода (промышленные, сельскохозяйственные, строительные и т.д.). Позиционируя себя на рынке автотранспортных услуг, предприятия делают акцент на способность использовать несколько видов транспорта для оказания услуги по перевозке, а также способность перевозить разнообразные, не только габаритные грузы. Они тоже работают на принципах логистики, предоставляют полный сервис сопутствующих услуг на хорошем уровне, отслеживают передвижение грузов, занимаются страхованием. Многие из них уже длительный срок работают на данном сегменте рынка и даже имеют филиальную сеть во многих городах.

И, наконец, последний, самый малочисленный кластер – предприятия экспресс-почты. Они успешно освоили рынок международных грузоперевозок и являются его актив-

ными участниками, но в силу специфики выделены в отдельный кластер. Данный кластер представлен, в том числе, несколькими международными компаниями. Им присущи свойства предприятий предыдущих двух кластеров и они могут быть охарактеризованы как предприятия, активно использующие online сервис, давно работающие на рынке грузоперевозок, обеспечивающие надежную доставку грузов по приемлемым ценам. Предприятия экспресс-почты имеют широкую филиальную сеть, благодаря чему могут доставлять груз «от двери к двери». Они интегрированы с другими видами транспорта, перевозят, как правило, сборные грузы, используя принципы логистики, и обеспечивают полный комплекс сопутствующих услуг.

Таким образом, можно отметить приоритетные для предприятий каждого кластера свойства автотранспортных услуг, которые должны в полной мере удовлетворить потребителей и обеспечить конкурентоспособность перевозчиков. Добиваясь раскрытия своего потенциала в полной мере, предприятия стремятся привлекать, развивать и эффективно использовать именно те ресурсы, которые и обеспечивают высокий рейтинг среди предприятий-конкурентов. В таблице 1 представлены свойства автотранспортных услуг, которые являются наиболее важными для предприятий анализируемых кластеров рынка и перечень ресурсов, их обеспечивающих и являющихся для данного кластера стратегическими в порядке убывания важности.

Предприятия второго кластера, имеющие большую конкурентоспособность, привлекают внимание клиентов именно за счет рекламы своих конкурентных преимуществ, обеспечиваемых нематериальными ресурсами, поскольку в современных условиях они способны перейти в динамические компетенции и прочно закреплять предприятия на рынке. Поэтому предприятия, работающие на указанных сегментах, должны формировать ресурсную стратегию для эффективного использования данного вида ресурсов, их развития.

Таблица 1 - Приоритетные свойства услуг для различных кластеров предприятий и ресурсы, их обеспечивающие

Кластер	Наиболее важные свойства услуги	Ресурсы, определяющие конкурентоспособность (стратегические)
1. Городские автомобильные грузоперевозки, уборка мусора и снега, предоставление под заказ строительной и специализированной техники	Связанные с основным предназначением предприятия (перевозка грузов)	Материальные, трудовые, нематериальные
2. Международные и междугородные грузоперевозки	Эмоциональные	Нематериальные, трудовые, материальные
3. Экспедирование грузов и предоставление услуг складского хранения	Дополнительный сервис	Материальные, нематериальные, трудовые
4. Экспресс-почта	Дополнительный сервис	

**Заключение**

При работе на различных сегментах рынка автотранспортных услуг, стратегическими для предприятия могут становиться различные ресурсы. Для повышения рейтинга предприятия, прочного закрепления позиций и развития потенциала необходимо формирование ресурсной стратегии, направленной на привлечение или развитие данных ресурсов. В противном случае ресурсы используются несколькими видами деятельности, а потенциал предприятия не развивается в полной мере. Для оценки потенциала внутри кластера необходимо создание единого информационного банка, который бы обеспечил процесс определения рейтинга предприятий и способствовал эффективной реализации ресурсной стратегии.

**Библиографический список**

1. Чепелева, Н. Н. Идентификация нематериальных ресурсов грузового автотранспортного предприятия как основы конкурентных преимуществ [Текст] / Н. Н. Чепелева // Вестник СибАДИ: Научный рецензируемый журнал. – Омск: СибАДИ. – № 1(19). – 2011. – С. 78-83.
2. Россия в цифрах. 2012: Крат. стат. сб. / Росстат – М., 2012. – 573 с.
3. Россия'2012: Стат. справочник/ Росстат. – М., 2012. – 59 с.
4. Транспорт в России. 2009: Стат. сб./ Росстат. – М., 2009. – 215 с.
5. Транспорт и связь Омской области [Текст]: стат. сб. / Федеральная служба государственной статистики, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Омской области. – Омск: Омкстат, 2011. – 83 с.
6. Чепелева, Н. Н. Предпосылки создания информационной базы данных деятельности гру-

зовых автотранспортных предприятий крупного города [Текст] / Н. Н. Чепелева // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: сборник статей XIII Международной научно-практической конференции / МНИЦ ПГСХА – Пенза: РИО ПГСХА, 2011. – С. 197-200.

7. Чепелева, Н. Н. Определение рейтинга грузовых автотранспортных предприятий как обязательный элемент процесса формирования ресурсной стратегии [Текст] / Н. Н. Чепелева // Вестник Омского университета. Серия Экономика. – 2011. – № 4. – Омск: Издательство ОмГУ им. Ф. М. Достоевского, 2011. – С. 114-119.

**COMPETITIVE ADVANTAGES OF REGIONAL TRUCKING MARKET ENTERPRISES' CLUSTERS**

N. N. Chepeleva

The analysis of Omsk cargo transport services market allowed to distinguish several clusters of enterprises. Their characteristics permit to determine the competitive advantages of each cluster's enterprises and to take them into account by formation of the resource strategy, that promotes the development of enterprises' key competencies, resource efficiency and competitiveness.

*Чепелева Наталья Николаевна – канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономика и управление предприятиями», докторант Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Основное направление научных исследований – стратегическое планирование деятельности автотранспортных предприятий. Имеет более 50 опубликованных работ. E-mail: chepelevann@mail.ru*

## ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГРУЗОВЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ИНТЕГРАЦИОННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Л. В. Эйхлер, А. С. Стринковская

**Аннотация.** Дана количественная оценка влияния факторов бизнес-среды на результаты деятельности грузовых автотранспортных предприятий (ГАТП) Омского региона с помощью методов экономико-математического моделирования. Предложен алгоритм диагностического анализа результатов деятельности ГАТП.

**Ключевые слова:** анализ результатов деятельности грузового автотранспортного предприятия, диагностика, диагностический анализ результатов деятельности предприятия, экономико-математическое моделирование, интеграционное взаимодействие.

### Введение

Современные условия хозяйствования характеризуются высокой степенью нестабильности бизнес-среды, высоким уровнем предпринимательского риска и, как следствие, повышением практического интереса к вопросам корпоративного управления и развития многообразных форм интеграции.

В сложившейся ситуации особую актуальность приобретает диагностический анализ деятельности предприятий. Использование его современных методов и приёмов позволяет получать объективные оценки влияния факторов бизнес-среды на результаты деятельности, моделировать поведение предприятий в различных условиях, определять степень близости предприятия к неблагоприятному исходу деятельности и прогнозировать дальнейшие интеграционные тенденции.

### Оценка влияния факторов бизнес-среды на результаты деятельности ГАТП Омского региона.

Определение величины влияния отдельных факторов на прирост результирующих показателей является первостепенной задачей диагностического анализа. При этом на практике широко распространено применение таких методов детерминированного факторного анализа как методов цепных подстановок, абсолютных и относительных разниц и др. Эти методы основаны на использовании функциональных зависимостей между анализируемыми переменными, но они не подходят когда связи между показателями стохастические, вероятностные. В настоящее время, в связи с высокой степенью подвижности бизнес-среды, все большее распространение получают экономико-математические, корреляционно-регрессионные методы анализа, ос-

нованные на изучении вероятностных зависимостей.

На автотранспортных предприятиях Омского региона были проведены исследования, направленные на построение моделей выражающих зависимость результатов деятельности этих предприятий от факторов бизнес-среды, при помощи методов диагностического анализа. Во-первых, необходимо определить *результирующие переменные*  $Y$  (зависимые, эндогенные), наиболее полно и точно характеризующие результаты деятельности ГАТП. В качестве таких показателей была выбрана валовая и чистая прибыль с учетом и без учета корректировки на сумму с амортизационных отчислений (как показатели, позволяющие более объективно оценить финансовые резервы деятельности предприятия) [3].

Во-вторых, необходимо выделить *объясняющие* (независимые, экзогенные) *переменные*  $X, Z$  – которые поддаются регистрации и описывают особенности функционирования реальной экономической системы. В условиях нестабильной бизнес-среды, следует тщательно анализировать их динамику, а также прогнозировать их уровень. Это позволит оперативно выявлять негативные воздействия этих факторов, своевременно на них реагировать. Это, в свою очередь, необходимо для прогнозирования экономической целесообразности интегрирования самостоятельных ГАТП в объединенные структуры, позволяющие снизить предпринимательские риски. Для определения факторов оказывающих существенное влияние на величину результатов деятельности ГАТП, использовался метод экспертных оценок. С этой целью была сформирована группа ведущих специалистов ГАТП: руководители, менеджеры, имеющие высшее

образование и стаж работы в данной отрасли не менее 5 лет. Эксперты выделили 17 важных факторов и предложили набор показателей их характеризующих, что в последствии принято за объясняющие (факторные) переменные. При отборе учитывались такие требования к показателям как причинно-следственные связи между переменными; количественное измерение исследуемых показателей; их количество должно быть в 5-8 раз меньше объема совокупности данных, по которым строится регрессия. В итоге, после отсева в дальнейшем анализе будут участвовать четыре показателя макросреды:

1) индекс потребительских цен на все товары и услуги ( $I_{пц} - X_1$ ); 2) ставка рефинансирования ЦБ ( $СР - X_2$ ); 3) индекс цен на топливо ( $I_{цт} - X_3$ ); 4) доля налогов выплачиваемых предприятием в валовой выручке предприятия ( $ДН - X_4$ ); и десять показателей внутренней среды предприятия: 1) коэффициент стабильности парка подвижного состава –  $I_{пс}$  ( $Z_1$ ); 2) коэффициент технической готовности парка –  $K_{тг}$  ( $Z_2$ ), 3) фондоотдача ФО ( $Z_5$ ); 4) материалоемкость продукции МЕ ( $Z_{10}$ ); 5) коэффициент обеспечения собственными источниками финансирования  $K_{об}$  ( $Z_7$ ); 6) коэффициент абсолютной ликвидности  $K_{ал}$  ( $Z_8$ ); 7) доля затрат на управление в общем объеме затрат  $Z_y$  ( $Z_4$ ); 8) производительность труда - ПТ ( $Z_3$ ); 9) индекс цен на перевозки –  $I_{ц}$  ( $Z_9$ ); 10) коэффициент сбалансированности денежных потоков  $K_{сп}$  ( $Z_6$ ).

Следующим этапом будет проведение экономической диагностики, подразумевающей построение экономико-математических

моделей описывающих взаимосвязь выделенных показателей и результатов деятельности ГАТП. Для этих целей воспользуемся методами корреляционно-регрессионного анализа. Для качественной оценки коэффициентов корреляции использовалась шкала Чеддока [1]. В зависимости от значения коэффициента корреляции связь может иметь одну из оценок: 0,1 – 0,3 – слабая; 0,3 – 0,5 – заметная; 0,5 – 0,7 – умеренная; 0,7 – 0,9 – высокая; 0,9 – 1,0 – весьма высокая. В результате была выявлена и оценена количественно взаимосвязь между предложенными результирующими показателями и выделенными экспертами факторами, на основе приемов экономической диагностики, при помощи методов экономической статистики. В таблице 1 указаны показатели, которые были отобраны в результате корреляционного анализа, оказывающие наибольшее влияние на результаты деятельности ГАТП (в скобках указаны коэффициенты парной корреляции). Сопоставив данные анализа по двум предприятиям можно сделать вывод, что на результаты деятельности крупных и средних предприятий в большей степени влияют такие показатели, характеризующие внутреннюю среду, как коэффициенты технической готовности, сбалансированности денежного потока, обеспеченности собственными средствами, производительность труда. Среди показателей, характеризующих внешнюю среду, наибольшее влияние оказывают ставка рефинансирования ЦБ, доля налогов в общем объеме затрат предприятия, индекс цен на топливо.

Таблица 1 - Показатели, характеризующие влияние факторов бизнес-среды на результаты деятельности ГАТП

Наименование предприятия	Результирующие переменные (индекс корреляции)			
	ВПр	ВПр+Ам	ЧПр	ЧПр+Ам
1 - крупное предприятие	факторы внутренней среды			
	$K_{тг}(Z_2)$ (0,802)	$K_{сп}(Z_6)$ (0,919)	$K_{сп}(Z_6)$ (0,808)	$K_{сп}(Z_6)$ (0,946)
	факторы внешней среды			
	$СР(X_2)$ (-0,897)	$ДН(X_4)$ (-0,932)	$ДН(X_4)$ (-0,684)	$ДН(X_4)$ (-0,914)
2 - среднее предприятие	факторы внутренней среды			
	$K_{тг}(Z_2)$ (0,920)	$K_{сп}(Z_6)$ (0,982)	$K_{об}(Z_7)$ (0,930)	ПТ ( $Z_3$ ) (0,909)
	факторы внешней среды			
	$СР(X_2)$ (-0,941)	$СР(X_2)$ (-0,905)	$СР(X_2)$ (-0,64) $I_{цт}(X_3)$ (-0,78)	$ДН(X_4)$ (-0,85)

Теперь перейдем к математическому описанию конкретного вида зависимостей с использованием регрессионного анализа, основная задача которого в исследовании чувствительности изучаемой переменной от изменения различных факторов и отображении их взаимосвязи в форме регрессионной модели. В результате расчетов были получены пять уравнений регрессии по каждому предприятию (см. таб. 2, 3). Оценка качества полученных уравнений регрессии и их статистической значимости (по коэффициенту множественной корреляции – R, детерминации R<sup>2</sup>, t-критерия Стьюдента) установила, что все построенные уравнения регрессии являются качественными и значимыми, и могут в дальнейшем использоваться при составлении про-

гнозных оценок результатов деятельности как самостоятельного ГАТП, так и интегрированных бизнес-структур. По результатам проведенных исследований предложим алгоритм диагностического анализа результатов деятельности ГАТП (рис.1). Разработанная модель диагностического анализа результатов деятельности ГАТП, на основе предложенной системы показателей, позволяет прогнозировать тенденции развития предприятия, своевременно предотвращать нарушения нормального режима его функционирования, определять важнейшие участки интегрированного улучшения работы организации, тем самым снижать степень риска деятельности предприятия, связанного с неопределенностью бизнес-среды.

Таблица 2 - Уравнения регрессии, характеризующие влияние на результаты деятельности ГАТП факторов внутренней среды

Предприятие	Результирующая переменная	Уравнение регрессии	Козффиц. Фишера (F <sub>таб.</sub> )	t-критерий (таб.)	Множественный R	R <sup>2</sup>
Г	ВПр	$Y_1 = -1771 + 2663,293 * Z_2$	4,047	2,0117	0,858	0,736
	ВПр+Ам	$Y_2 = 2531,12 + 2744,53 * \ln(Z_6)$	4,047	2,0117	0,926	0,858
	ЧПр	$Y_3 = -137,27 + 1128,17 * \ln(Z_6)$	4,047	2,0117	0,786	0,618
	ЧПр+Ам	$Y_4 = 2485,43 + 6451,38 * \ln(Z_6)$	4,047	2,0117	0,948	0,898
С	ВПр	$Y_1 = 3484,199 + 4176,882 * \ln(Z_2)$	4,047	2,0117	0,935	0,875
	ВПр+Ам	$Y_2 = -6440,35 + 11043,78 * Z_6$	4,047	2,0117	0,982	0,964
	ЧПр	$Y_3 = -134,179 + 3018,735 * Z_7$	4,047	2,0117	0,931	0,866
	ЧПр+Ам	$Y_4 = 1978,74 + 1066 * Z_3$	3,1996	2,0129	0,840	0,71

Таблица 3- Уравнения регрессии, характеризующие влияние внешних факторов бизнес-среды на результаты деятельности ГАТП

Предприятие	Результирующая переменная	Уравнение регрессии	Козффиц. Фишера (F <sub>таб.</sub> )	t-критерий (таб.)	Множественный R	R <sup>2</sup>
Г	ВПр	$Y_1 = 3015,189 - 247,616 * X_2$	4,047	2,0117	0,897	0,804
	ВПр+Ам	$Y_2 = 3598,474 - 22159,2 * X_4$	4,047	2,0117	0,932	0,869
	ЧПр	$Y_3 = 156,6953 - 5555,15 * X_4$	4,047	2,0117	0,807	0,689
	ЧПр+Ам	$Y_4 = 4903,67 - 49855,1 * X_4$	4,047	2,0117	0,913	0,834
С	ВПр	$Y_1 = 6512,439 - 440,73 * X_2$	4,047	2,0117	0,936	0,877
	ВПр+Ам	$Y_2 = 6865,556 - 307,373 * X_2$	4,047	2,0117	0,902	0,813
	ЧПр	$Y_3 = 4337,507 - 36,658 * X_2 - 37,707 * X_3$	3,1996	2,0129	0,826	0,683
	ЧПр+Ам	$Y_4 = 2399,829 - 7350,059 * X_4$	4,047	2,0117	0,856	0,732

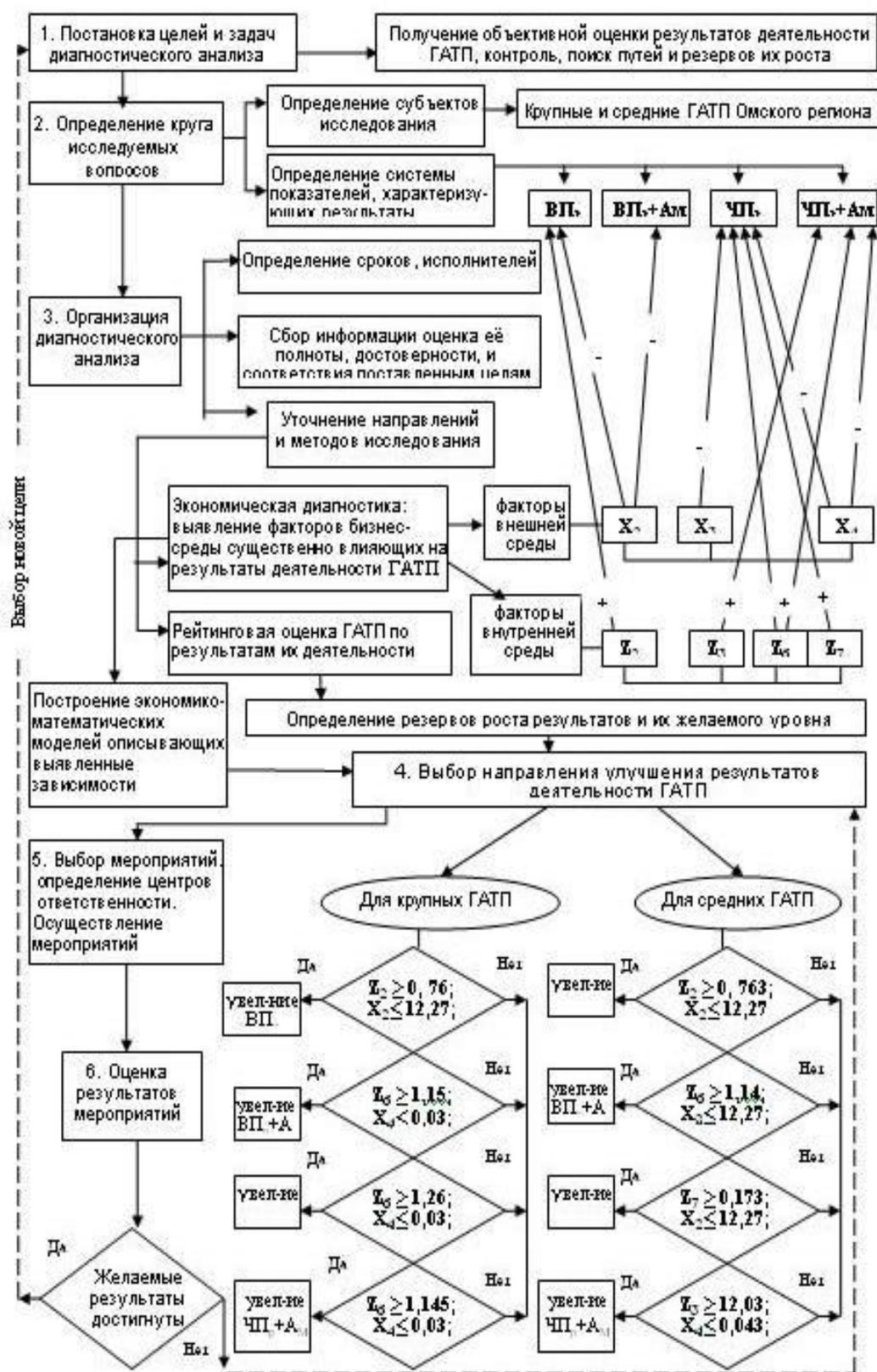


Рис. 1. Алгоритм диагностического анализа результатов деятельности ГТП

### Заключение

В условиях повышенного риска и растущей непредсказуемости среды функционирования ГАТП, наиболее целесообразным представляется построение и применение на практике предложенного алгоритма диагностического анализа. Это позволит принимать оптимальные управленческие решения по повышению результатов деятельности интегрированных предприятий. Приведенный алгоритм позволяет на базе внутренней и внешней информации, не только проводить полное исследование текущего состояния укрупненных структур, но и получать аналитическую оценку их будущего состояния путем моделирования заданных показателей с использованием экспертных и экономико-математических методов.

### Библиографический список

1. Орлова И. В. Экономико-математическое моделирование: Практическое пособие по решению задач [Текст]. – М.: Вузовский учебник, 2005. – 144 с.
2. Эйхлер Л. В., Стринковская А. С. Диагностический анализ результатов деятельности ГАТП в условиях нестабильной бизнес-среды: монография [Текст] / Л. В. Эйхлер, А. С. Стринковская. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2011. – 158с.
3. Эйхлер Л. В. Формирование конкурентных преимуществ грузовых автотранспортных предприятий при реализации политики интеграции [Текст]. // Вестник СибАДИ, 2011. – С.54-59

### THE DIAGNOSTIC ANALYSIS OF RESULTS OF ACTIVITY OF THE CARGO MOTOR TRANSPORTATION ENTERPRISES IN CONDITIONS OF INTEGRATED INTERACTIONS

L. V. Eihler, A. S. Strinkovskaya

There are offered the main problems of functions motor transport enterprise for adaptation to the modern economic situation and proposing one of variants. We were picking out the aims, the purposes, and the elements of diagnostic analyses of results from activities motor transport enterprise.

*Эйхлер Лариса Васильевна - кандидат экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономика и управление на предприятии (транспорт)» (СибАДИ); основное направление научных исследований: определение приоритетных направлений экономического развития грузового автотранспортного комплекса, 109 публикаций; e-mail: \_kaf\_eur@sibadi.org*

*Стринковская Анастасия Сергеевна – кандидат экономических наук., доцент кафедры «Экономика и управление на предприятии (транспорт)» (СибАДИ), основное направление научных исследований: диагностический анализ результатов деятельности ГАТП, 20 публикаций; e-mail: strin-as@mail.ru.*

## РАЗДЕЛ VI

# ВУЗОВСКОЕ И ПОСЛЕВУЗОВСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

УДК 796

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗКУЛЬТУРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ И ГУМАНИТАРНЫХ ВУЗОВ

О. П. Головченко

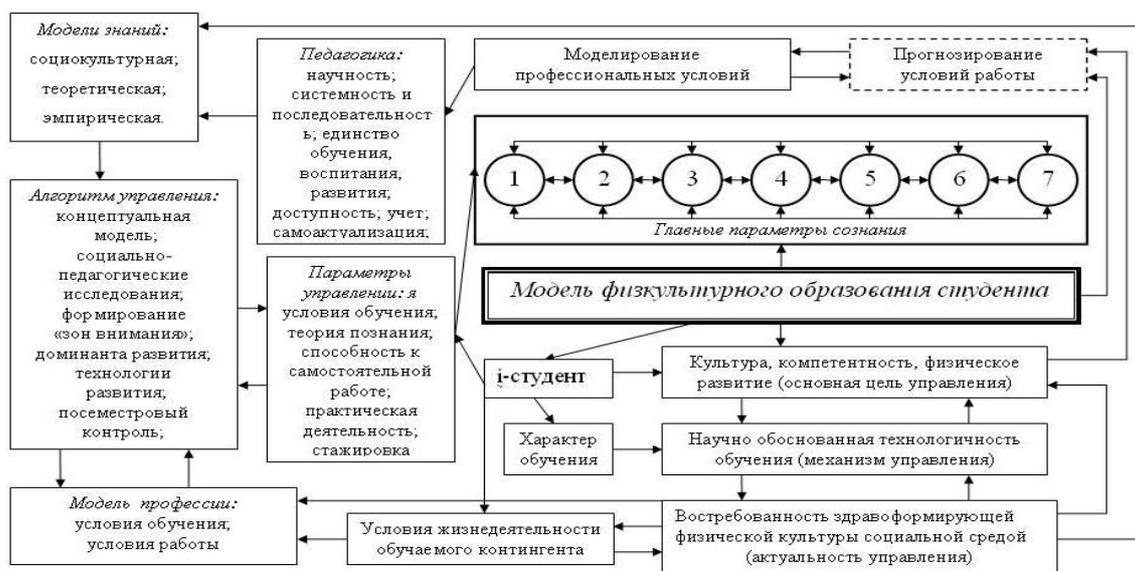
**Аннотация:** Логически последовательно представлена специфика формирования здоровья обучаемого контингента методами физической культуры.

**Ключевые слова:** физкультура, образование, студент, модель.

### Введение

При проектировании педагогической модели физкультурного образования в вузах технического и гуманитарного профиля, вероятно, должен быть характер существования целостной данности человека в окружающей среде, на базе которого студент в начальный период обучения параллельно с оценкой его изначальных физкультурно-спортивных мотиваций и физических кондиций получит основные представления о здоровье, устройстве и жизнедеятельности собственного организма, о здоровом образе жизни и условиях его реализации в образовательном пространстве и в дальнейшем существовании.

Нам представляется обязательным при конструировании модели физкультурного образования использовать современные достижения и тенденции развития педагогики общего, профессионального и физкультурно-спортивного направлений образования [1 – 9] в связи с необходимостью гибко маневрировать в образовательном пространстве, модернизируя его качественные стороны как с позиций, например, педагогических условий [9 (500)], деятельностного подхода [10] или деятельностной креатуры его участников [11], так и с позиций формирования здоровья в конкретных условиях любого образовательного пространства (рис. 1.).



Примечания: параметры сознания – 1. социально-общественные знания; 2. естественно-научные знания; 3. профессиональные знания; 4. осознанная направленность; 5. самоактуализация; 6. коллективизм; 7. личная ответственность.

Рис. 1. План-схема процесса проектирования учебной дисциплины «Физическая культура»

### Основная часть

Происходящая в настоящее время смена образовательной парадигмы, вызванная несоответствием между темпами приращения знаний в современном мире и ограниченными возможностями усвоения их человеком, потребовала от педагогической теории принятия в качестве нового идеала *максимальное развитие способностей обучаемого субъекта к саморегулированию и самообразованию*.

Модернизация России целиком определяется содержательной и структурной направленностью образования, – следовательно, для достижения социально-экономической стабильности и должного уровня технологического, культурного развития и обеспечения страны необходимым для этого кадровым потенциалом, – требуется его эффективное обновление [12].

Гуманизация современной стратегии образования и взаимосвязь ее с общемировыми тенденциями с учетом сегодняшнего состояния российского образования (кризисная социально-экономическая ситуация, отказ от прежних ценностей, преодоление кризиса культуры и духовности) во многом предопределяют тенденции его развития [4, 13, 14]. При этом образовательная политика в настоящее время должна иметь социальную, содержательную, процессуальную и личностную направленность [14].

Приоритет сегодня должен отводиться *социальным требованиям* к человеку – гражданину, труженику, члену общества с его качествами и способностями.

*Содержательная направленность* должна определяться новыми требованиями мирового сообщества к профессиональной квалификации специалиста, т.е. – к получаемым знаниям, умениям и навыкам в связи новыми уровнями производств, науки и культуры.

*Процессуальная направленность* должна диктовать новые образовательные технологии, методики преподавания и обучения, деятельного общения обучающего и обучаемого.

*Личностная направленность* должна выражаться в приоритете развивающейся личности и реализации личностно ориентированных технологий обучения и воспитания.

Что касается содержательного обновления образования в области физической культуры и физического воспитания, то первоочередными задачами нам представляются:

1. Устранение перегруженности учебных планов сведениями, не являющихся фундаментом для новых знаний в плане последующих стадий образования и в дальнейшей со-

циальной и профессиональной деятельности.

2. Унификация понятийного аппарата.

3. Модернизация характера обучения в направлении представления жизненно необходимой информации, методик ее анализа и восприятия на предмет самооценки и самообучения для повышения роли и деятельной реализации самостоятельной работы обучаемого субъекта.

4. Фундаментальная взаимосвязь структуры образовательного процесса с практикой и научными исследованиями как основными содержательными ингредиентами этого процесса в направлении дальнейшего обновления содержания образовательного пространства.

5. Сопоставимость отечественного образования с мировым образовательным пространством.

Решение этих задач позволит естественным путем реализовать такие тенденции современного образования России, как глобализация, фундаментализация, гуманизация, гуманитаризация, технологизация (в том числе – компьютеризация) и стандартизация [4].

Естественно, решение поставленных задач возможно только при обеспечении обучающим субъектам образовательного процесса необходимых педагогических условий, т.е., – совокупности возможностей содержания, методов, средств и форм обучения, направленных на достижение поставленной цели.

Нам представляется правомерным сформулировать характер этих условий на базе требований, предложенных В. В. Ушаковой [9], в соответствии с которыми они должны обеспечивать:

- учет индивидуальных особенностей конкретных субъектов как на предмет их predisposedности к последующей подготовке, так и для естественной личностной ориентации их к тем или иным видам этой подготовки;
- системность формирования знаний, умений и навыков, т.е., – реализацию системного подхода;
- активизацию мыслительной деятельности студентов;
- формирование положительных мотиваций и динамики знаний, умений и навыков у студентов;
- осуществление необходимого систематического пооперационного и/или эпизодического поэтапного контроля знаний, умений и навыков в тесной взаимосвязи со сроками их проведения;
- гарантированную положительную реализацию предложенного технологического подхода.

Естественно, обеспечение подобных ус-

ловий требует не только творческого, креативно усовершенствованного, деятельного педагогического отношения как со стороны обучающего, так и со стороны обучаемого субъектов образовательного процесса, но и соответствующего ресурсного, номенклатурного и правового обеспечения и контроля со стороны руководящих органов [9, 11, 15].

Что же касается конкретного оформления образовательных программ и материалов, то, вероятно, известные рекомендации [9, 16, 17] могут быть использованы в качестве исходных позиций для реализации вышеуказанных педагогических условий.

Учитывая имеющиеся на сегодняшний день представления о двигательных возможностях человека, о его рефлексии и психомоторной организации, о физической активности вообще и двигательной – в частности [2, 18, 19], полагаем возможным считать процесс

формирования физической культуры личности студента как деятельной данности здоровоформирующего физкультурного образования *педагогическим*, стратегию которого определяет *принцип доминанты*, а тактику – *принципы обучения* [20, 21, 22].

При этом основными принципами обучения, как нам кажется (см. рис. 2), должны быть следующие: 1) научность; 2) системность и последовательность; 3) единство воспитания, обучения и развития; 4) принцип индивидуализации и обеспечения выполнимости требований (доступности); 5) самоактуализации; 6) непрерывного оперативного учета (мониторинг и рейтинг в индивидуальном и групповом исчислении); 7) принцип прочности усвоения на предмет практического использования приобретенных знаний, качеств, умений и навыков [19, 20].



Рис. 2. Педагогическая модель здоровоформирующего физкультурного образования студентов

Однако как бы хороши не были обозначенные в исследовании принципы, для формирования собственно технологии педагогического исследования необходима теоретико-методологическая основа, – т.е., комплекс

общих и конкретных научных подходов к проблеме, объекту и предмету педагогического исследования как к системе на предмет раскрытия ее сущности, функционирования и управления этой системой.

На общенаучном уровне могут быть с успехом использованы системный, ценностный, деятельный, междисциплинарный, культурологический, герменевтический и компетентностный подходы, а на конкретных научных уровнях – задачный, ситуационный, модульный, партисипативный и технологический [23].

Что касается компонентов педагогической интеграции, то кроме выше обозначенных принципов в нее, вероятно, должны входить *внешние* (государственно-правовые, социокультурные, профессиональные) и *внутренние* (физкультурно-образовательный и мотивационный уровни, физическое развитие и подготовленность контингента, контактность и креативность) факторы, обуславливающие восприятие обучения как такового на должном уровне.

Необходимо отметить также содержательные педагогические условия, определяющие идеологию учебного процесса, а именно – осознание вузовским контингентом здоровья в качестве фундамента национального и профессионального ресурса, а заботу о здоровье студентов – как общепедагогическую ценность; знание педагогами и студентами методологических основ здравоформирующих технологий и путей их реализации, а также их активное участие в организации и реализации этих технологий в образовательном процессе.

Особого внимания требует представление организационно-педагогических технологий. Именно они несут в себе конкретные воплощения концептуального замысла и все содержательные позиции, определяющие не только очередность, но и характер их реализации. Причем характер исполнения замыслов на некоторых этапах учебного процесса требует не только инновационных подходов на уровне изобретений, но и серьезной математической подготовки как для необходимых расчетов, так и для программно-компьютерных операций. К ним относятся модульные циклы здравоформирующего физкультурного образования, активизация внутренних ресурсов студентов, известные и инновационные методы и средства обеспечения учебно-тренировочного процесса, а также необходимые теоретические и организационные формы его наполнения.

Кроме того, динамика образовательного процесса, которую предполагается систематически оценивать бально-рейтинговым мониторингом на основе специально разработанных нормативов, является результирующим элементом концептуальной модели.

В соответствие с предлагаемой моделью в

первый и последний месяцы каждого учебного года все студенты количественно и качественно оцениваются с позиций своего физического развития и состояния по определенной программе. При этих тестированиях главным условием должна быть оценка истинного физического состояния студентов, которое в вузах социо-гуманитарного направления в последние годы оставляет желать лучшего [24].

### Заключение

Ежегодное подведение итогов этих наблюдений представляет на всеобщее обозрение динамику образовательного процесса, которая конкретно в коллективном и персональном аспектах (*кафедраальный и персональный рейтинг*) отражает деятельность подразделения и содействует формированию физкультурно-спортивной политики кафедры на последующие годы.

### Библиографический список

1. Алексеев, Н. А. Личностно-ориентированное обучение: вопросы, теория, практика / Н. А. Алексеев. – Тюмень: ТГУ, 1997. – 215 с.
2. Бальсевич, В. К. Онтокинезиология человека / В. К. Бальсевич. – М.: Теория и практика физической культуры, 2000. – 274 с.
3. Бондаревская, Е. В. Гуманистическая парадигма личностно-ориентированного образования / Е. В. Бондаревская // Педагогика. – 1997. – № 4. – С. 11 – 17.
4. Бухарова, Г. Д. Современные тенденции в развитии профессионально-педагогического образования / Г. Д. Бухарова, Л. Н. Мазаева // Вестник УМО по проф.-пед. обр. – 2004. – № 1 (35). – С. 20 – 26.
5. Кустов, Л. М. Актуализация социально-педагогической инициативы специалистов профессиональной школы / А. В. Гришин, Л. М. Кустов. – Челябинск: Южно-Уральское изд-во, 2003. – С. 109 – 128.
6. Лубышева, Л. И. Концепция формирования физической культуры человека / Л. И. Лубышева. – М.: ГЦОЛИФК, 1992. – 122 с.
7. Лубышева, Л. И. Современный ценностный потенциал физической культуры и спорта и пути его освоения обществом и личностью / Л. И. Лубышева // Теория и практика физической культуры. – 1997. – № 6. – С. 10 – 15.
8. Сериков, В. В. Личностно-ориентированное образование / В. В. Сериков // Педагогика. – 1994. – № 5. – С. 16 – 21.
9. Ушакова, В. В. Теоретические аспекты определения педагогических условий формирования конструктивных умений у будущих педагогов профессионального обучения / В. В. Ушакова // Вестник УМО проф.-пед. обр. – 2003. – № 2 (33). – С. 43 – 45.
10. Тарасюк, О. В. Деятельный подход как основа формирования профессионально-педагогических умений у педагогов профессионального обучения / О. В. Тарасюк, М. А. Черепанов // Вестник УМО проф.-пед. обр. – 2004. – № 1. – С. 51 – 62.

11. Гончаров, С. З. Креативность совершенства в воспитании духовности личности / С. З. Гончаров // Вестник УМО по проф.- пед. обр. – 2004. – № 1. – С. 79 – 82.
12. Калачевский, Б. А. Менеджмент образования в приоритетах качества / Б. А. Калачевский, Т. Б. Дороболук, А. В. Носов. – Омск: Изд. СибАДИ, 2004. – 247 с.
13. Дудина, М. Н. Педагогика: долгий путь к гуманистической этике / М. Н. Дудина. – Екатеринбург: Наука. Ур. отд.-ние, 1998. – 312 с.
14. Загвязинский, В. И. О стратегических ориентирах развития образования на современном этапе / В. И. Загвязинский // Образование и наука: Известия УНОЦ РАО. – 1999. – № 1. – С. 32-40.
15. Осипова, И. В. Проблемы понимания сущности творчества в деятельности педагога профессионального обучения / И. В. Осипова, Ю. В. Осколков // Вестник УМО проф.- пед. обр. – 2004 – № 1 (35). – С. 66 – 78.
16. Моделирование педагогических ситуаций: проблемы повышения качества и эффективности общепедагогической подготовки учителя / под ред. Ю. Н. Кулюткина, Г. С. Сухобской. – М.: Педагогика. – 1981. – 120 с.
17. Мошкова, И. Н. Психология производственного обучения: Метод. пособие / И. Н. Мошкова, С. Л. Малов. – М.: Высшая школа. – 1990. – 207 с.
18. Головченко, О. П. Актуализация физической культуры личности студента / О. П. Головченко. – Мат. Всероссийской конф. «Образование в сфере физической культуры и спорта: инновационный вектор развития», 23.03.2007 г. – Челябинск: УрГУФК, ЧГ НОЦ УрО РАО, 2007. – С. 71 – 75.
19. Ильин, Е. П. Психомоторная организация человека. Уч-к для вузов / Е. П. Ильин. – СПб.: Питер, 2003. – 384 с.
20. Аршавский, И. А. Принцип доминанты в обосновании системы воспитания и обучения детей дошкольного и школьного возраста / И.А. Аршавский. – М.: Физиология человека, 1991. – Т. 17, № 5. – с. 5 – 16.
21. Тер-Ованесян, А. А. Педагогические основы физического воспитания / А. А. Тер-Ованесян. – М.: Физкультура и спорт, 1978. – 206 с
22. Езерский, В. В. Принцип адекватного воздействия как методологическое обращение принципа адекватной конструкции организма // Вопросы биомеханики физических упражнений / В. В. Езерский. – Омск: ОГИФК, 1983. – С. 12 – 21.
23. Никитина, Е. Ю. Теоретико-методологические подходы к проблеме подготовки будущего учителя в области управления дифференциацией образования: Монография / Е. Ю. Никитина. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000. – 101 с.
24. Трунин, В. В. Повышение образованности студентов по здоровому образу жизни и оздоровительной физической культуре / В.В. Трунин [и др.] // Физическая культура как вид культуры: межвуз. сб. научн. тр. – Воронеж: ВГПУ, 2003. – С. 66 - 71.

### MODELING OF PHYSICAL EDUCATION STUDENTS TECHNICAL AND HUMANITARIAN INSTITUTIONS

O. P. Golovchenko

Logical sequence is the formation of specific health student contingent methods of physical culture.

*Головченко Олег Петрович – кандидат технических наук, профессор кафедры физического воспитания ФГБОУ ВПО «СибАДИ», E – mail: petrovich37@mail.ru*

УДК: 378.4 + 338.012

## ПОДГОТОВКА РУКОВОДИТЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В АСПЕКТЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

А. А. Кораблева

**Аннотация.** В статье рассмотрены проблемы, негативно влияющие на качество обучения руководителей среднего и высшего звена для промышленных предприятий структур, и как следствие – на экономическую безопасность региона. Предложены пути повышения качества образования с помощью моделирования бизнес-процессов предприятия и вовлечения студентов в деловую игру, основанную на продвижении студентов по виртуальной карьерной лестнице до должности директора компании.

**Ключевые слова:** высшее образование, промышленность, бизнес-процессы, деловая игра, экономическая безопасность региона.

### Введение

Промышленность – важнейшая отрасль народного хозяйства, которая оказывает решающее воздействие на уровень развития производительных сил общества. Она обеспечивает все другие отрасли орудиями труда и новыми материалами, служит наиболее активным фактором научно-технического прогресса и расширенного воспроизводства в целом. Обрабатывающие производства традиционно являются «точкой роста» экономики Омской области. Наибольшее значение для региона имеет отрасль нефтехимии, аэрокосмическое направление, машиностроение и приборостроение, агропромышленный комплекс. Исходя из имеющейся структуры экономики Омской области, становится наглядной актуальность задачи обеспечения экономической безопасности региона через повышение эффективности указанных отраслей.

Под экономической безопасностью региона Т. В. Ускова и И. А. Кондаков предлагают понимать совокупность условий и факторов, характеризующих [1, с. 39]:

1) стабильность, устойчивость и поступательность развития экономики региона;

2) способность региональных органов государственной власти создавать механизмы реализации и защиты интересов хозяйствующих субъектов, поддержания социально-экономической стабильности территориального сообщества;

3) степень независимости и интеграции экономики региона с экономикой страны.

Очевидно, что ключевым фактором в этом процессе являются знания, умения и навыки работников предприятий и организаций. Подготовка высококвалифицированного управленческого персонала в сфере промышленности является задачей, не теряющей своей актуальности на протяжении многих десятилетий.

В настоящее время к высшему образованию предъявляется множество вполне обоснованных претензий, и различные исследователи активно предлагают пути решения этих проблем [2, 3]. Основная из них заключается в том, что выпускники вузов зачастую не только не обладают практическими навыками, но не в состоянии самостоятельно и грамотно применить теоретический материал по своей специальности [4, с. 8]. Преодолению этой проблемы и посвящена данная статья. Предлагаемый подход можно считать альтернативным существующему подходу к обучению студентов.

### Новый подход к подготовке руководителей предприятий

Как отмечают В. А. Трайнев, С. С. Мкртчян и А. Я. Савельев, качество образования с большим трудом поддается количественным измерениям и в основном подразумевает его соответствие государственным стандартам, аттестационным и аккредитационным требованиям [5, с. 106]. Экономист-менеджер должен уметь выполнять следующие задачи [6, с. 59].

1) Организационно-управленческие:

– разрабатывать организационно-управленческие структуры предприятия, положения о подразделениях, должностные инструкции;

– проектировать трудовые процессы и рассчитывать нормы труда;

– составлять оперативно-производственный план, организовывать оперативный контроль за ходом производства;

– разрабатывать прогрессивные плановые технико-экономические нормативы материальных и трудовых затрат и др.

2) Проектно-экономические:

– разрабатывать бизнес-планы конкретных проектов (создание и реорганизация предприятия, освоение производства новой продукции или видов деятельности, технического перевооружения или реконструкции отдельных производств);

– определять доходы и расходы предприятия;

– разрабатывать цены на продукцию предприятия и т.д.

3) Финансово-экономические:

– разрабатывать финансовый план производства и прогнозы поступления денежных средств;

– осуществлять финансовый анализ;

– контролировать управление оборотными средствами и др.

4) Аналитические:

– проводить анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия различных организационно-правовых форм;

– проводить диагностику производственно-экономического потенциала предприятия и т.д.

5) Предпринимательские:

– создавать предприятие и организовывать его деятельность;

– определять конкурентоспособность предприятия;

– разрабатывать программы его развития и т.д.

На этом перечень не заканчивается, но он позволяет сориентироваться в направлении

исследования. Грамотное выполнение указанных задач возможно только при понимании их сути и последствий, к которым они приводят. Для этого недостаточно знать исключительно технологию разработки организационной структуры, технико-экономических нормативов, финансового плана производства и проч.

Профессионал возвращается постепенно. Чтобы изучить деятельность предприятия и достигнуть в этом вопросе высокого уровня понимания, сотрудник должен осуществить

как можно больше горизонтальных перемещений по организационной структуре компании, а не подниматься стремительно вверх по карьерной лестнице (рис. 1). Так он будет понимать практически все области деятельности и проблемы компании на примере собственного опыта и четко представлять, каким именно образом осуществляются взаимосвязи между элементами предприятия и как функционирует вся система в целом. Описанная технология продвижения сотрудника используется в Японии.

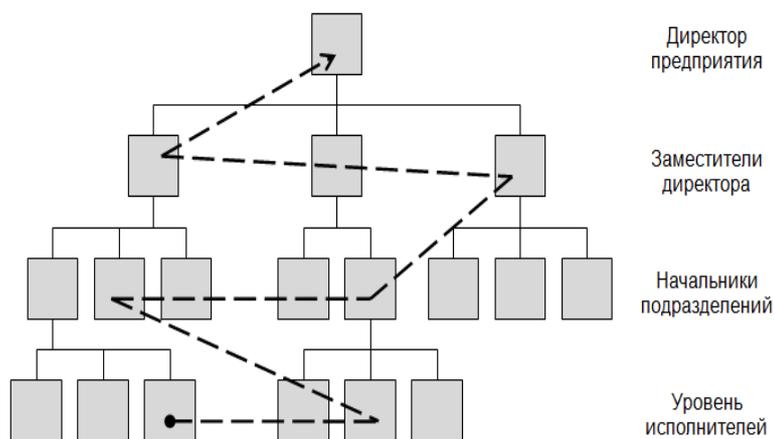


Рис. 1. Оптимальный карьерный и профессиональный рост сотрудника

Высшее образование отчасти дает общее представление о работе функциональных подразделений и набор инструментария, которыми они пользуются. Однако в результате такого обучения представление о работе предприятия у студентов является приближенным и крайне дискретным. Для формирования целостного знания необходима детальная информация о том, как осуществляется взаимодействие между подразделениями предприятия **на уровне конкретных данных, документов, алгоритмов и регламентов.**

**Процесс обучения должен как можно точнее моделировать работу сотрудника компании и его поступательный карьерный рост** с соответствующим изменением его функциональных обязанностей. Студент должен «вырасти» от уровня исполнителя до менеджера среднего звена, и далее – до уровня директора. Такое обучение можно охарактеризовать термином «деловая игра», при этом в нашем случае данная форма обучения должна превалировать над лекционными занятиями, особенно на первых курсах. Оптимизм в этом отношении подтверждается мнением ряда исследователей о существен-

ном повышении качества обучения при использовании игровых технологий [5, с. 88].

Чтобы сформировать ориентировочный перечень должностей, который должен «пройти» обучающийся, можно ориентироваться на типичную организационную структуру промышленного предприятия. Представление о компании с точки зрения организационной структуры более привычно для отечественных специалистов. Однако организационная структура вторична по отношению к бизнес-системе, поэтому другим вариантом решения указанной задачи будет ориентация на типичные бизнес-процессы предприятия. Именно второй вариант позволяет выйти на упорядоченное виденье деятельности компании как целостного механизма, понимание логики его материальных и информационных потоков. Однако создание укрупнённой бизнес-модели предприятия с учётом поставленной цели является крайне сложной задачей. Для упрощения её решения автор предлагает использовать в большей степени метод индукции. Хотя отправной точкой должна служить все-таки общая, весьма укрупнённая модель, на основании которой следует разработать подробные локальные бизнес-модели подразделе-

ний. В последующем их можно объединить в единую бизнес-модель предприятия по принципу индукции.

Обязательно повторение пройденного материала на новом уровне понимания. Студент, «проработавший» в определённых отделах предприятия на первых курсах в качестве исполнителя, должен снова вернуться в эти «подразделения», но уже в роли старшего специалиста, затем - в качестве руководи-

ля, начальника отдела (рис. 2). Последние курсы обучения предполагают «работу» в должности заместителей директора и директора предприятия. На последнем этапе студенты должны освоить технологию трансформации деятельности предприятия, т.е. проектный подход, что порой является не менее сложным процессом, чем создание предприятия с нуля.



Рис. 2. Принцип обучения на основе бизнес-модели предприятия

Например, на уровне исполнителя в качестве кладовщика студент должен освоить процесс:

- приёмки материалов и комплектующих на склад;
- выставления претензий поставщику;
- приёмки остатков материалов на склад (из цеха);
- приёмки готовой продукции на склад;
- выдачи материалов и комплектующих в производство;
- выдачи готовых конструкций со склада готовой продукции;
- учёт движения материалов и комплектующих.

При этом студенту необходимо освоить заполнение соответствующих документов, регламентирующих положений, работу с информационными системами по складскому учету. Также следует обратить внимание на возможные существенные ошибки и проблемы, которые могут возникнуть при ведении учета товарно-материальных ценностей (ТМЦ), например, возникновение «двойников» ТМЦ. При этом, по мнению автора, важно использовать приёмы деловой игры – студенты должны не только теоретически изучить биз-

нес-процессы, но и в режиме деловой игры взаимодействовать друг с другом в рамках своего и иных «подразделений»: получать, заполнять и передавать документацию, размещать ТМЦ на «складе», вести учет ТМЦ в специализированных программах.

Основа бизнес-процесса приёмки материалов на склад представлена на рис. 3 [7]. На нём не отражены регламентирующие положения, например, по бухгалтерскому учёту, на основании которых осуществляется данный бизнес-процесс и используются конкретные формы документов.

В качестве менеджера по закупкам или сбыту, в роли руководителя отдела снабжения студент может освоить процесс управления закупкой производственных материалов.

Одновременно на предприятии решаются различные задачи, которые укрупнено можно представить следующим перечнем:

- обеспечение жизнеспособности текущего производства и бизнес-системы в целом;
- подготовка и ввод новых видов продукции;
- оптимизация текущей деятельности предприятия.

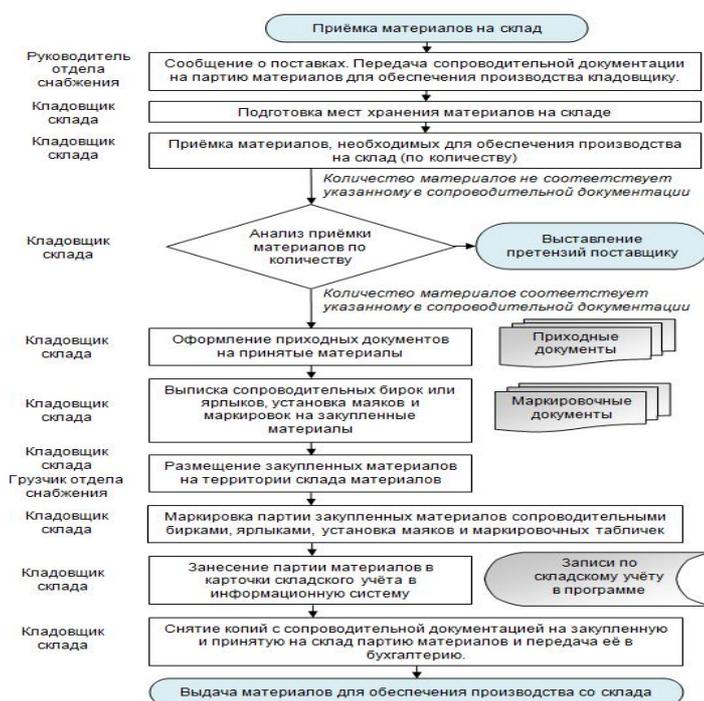


Рис. 3. Бизнес-процесс «Приёмка материалов на склад»

Первая задача является самой простой, кроме того, именно текущую деятельность можно описать с помощью бизнес-процессов, что предлагается использовать на первых годах обучения для отработки деятельности исполнителей. На старших курсах, когда студенты будут изучать работу менеджеров высшего звена, больший упор предлагается делать на изучение инструментария анализа, планирования, технологии управления людьми, производственными процессами и т.д. Следует подчеркнуть, что это станет возможным только после того, как студент будет ориентироваться в бизнес-процессах предприятия, будет понимать взаимосвязи между подразделениями на уровне конкретных данных и алгоритмов.

Чтобы данная система соответствовала имеющимся реалиям, предлагается использовать утверждённые Министерством образования и науки требования к выпускникам вузов. Но при этом необходимо распределить требуемые результаты (знания, умения) по соответствующим уровням и годам обучения.

Итак, бизнес-модель предприятия должна стать основной всего процесса обучения. Создать такую модель на высококвалифицированном уровне в состоянии, пожалуй, только IT-компании, специализирующиеся на внедрении ERP и MES-систем. ERP-системы (Enterprise Resource Planning) означают планирование ресурсов предприятия. В них

включается все, что необходимо для получения ресурсов, изготовления продукции, её транспортировки и расчетов по заказам клиентов. Эти системы ориентированы на работу с финансовой информацией, обеспечивают управление ресурсами в масштабе предприятия в целом, долгосрочное планирование и стратегическое управление в масштабе года, квартала, месяца. Функцию оперативного управления берут на себя MES-системы (Manufacturing Execution Systems - производственные исполнительные системы), которые используют технологические данные. Для выбора IT-компании с целью сотрудничества в этом направлении необходимо ориентироваться на её специализацию в конкретной отрасли и опыт работы.

Особое значение в процессе обучения имеет погружение в соответствующую деловую, производственную атмосферу. Так, вместо привычной нумерации кабинетов, автор предлагает использовать названия подразделений предприятия: конструкторский отдел, планово-диспетчерский отдел (ПДО), планово-экономический отдел (ПЭО), финансовый отдел и проч. При оформлении аудиторий, коридоров могут использоваться изображения цехов и производственных процессов.

На занятиях со студентами предлагается использовать обучающие фильмы. Например, при изучении логистики, складского хозяйства, студенты должны просмотреть обучающие

фильмы о деятельности соответствующих подразделений. Это необходимо для повышения наглядности воспринимаемого материала. Для создания обучающих фильмов возникнет необходимость сотрудничества вуза с конкретными предприятиями, т.к. эта работа подразумевает интервьюирование специалистов, руководителей, демонстрацию деятельности персонала предприятия в цехах.

### Заключение

Итак, качество обучения будущих руководителей промышленных предприятий влияет на экономическую безопасность региона. Для Омской области этот вопрос имеет большое значение, учитывая особенности структуры её экономики.

В данной статье был предложен принцип подготовки руководителей промышленных предприятий в вузах. Он заключается в изучении типовых бизнес-процессов компании и продвижении студента по виртуальной карьерной лестнице в режиме деловой игры. С большой долей уверенности можно утверждать, что такой подход позволит студентам получить гораздо более реальное представление о деятельности предприятия, чем по используемым в настоящее время программам обучения, формирующим дискретные знания об управлении хозяйствующим субъектом. При этом на первых курсах предлагается в основном ориентироваться на бизнес-процессы, т.к. они описывают текущую деятельность компании, поддержание которой является задачей исполнительского уровня. На старших курсах следует уделять больше внимания методикам анализа, планирования, трансформации действующей системы, что соответствует уровню менеджеров высшего звена.

Для реализации представленной идеи можно ориентироваться на шаблоны бизнес-процессов, размещённые в свободном доступе. Однако для повышения качества обучения по предложенной методике, необходимо сотрудничество вузов с IT-компаниями и отраслевыми предприятиями, что позволит применять в обучении модели реальных действующих бизнес-структур и видео материалы, готовить персонал для конкретных предприятий, и открывает новые пути взаимодействия между высшими учебными заведениями и субъектами хозяйствования.

### Библиографический список

1. Ускова Т. В., Кондаков И. А. Угрозы экономической безопасности региона и пути их преодоления // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2011. - №2 (14). – С. 37-50

2. Иванова И. В. Развитие профессиональных качеств специалистов посредством форм организации учебной деятельности // Вестник СибАДИ. – 2012. – Выпуск 5 (27). – С. 164-168

3. Цуликова Е. В. Особенности организации дидактического материала в целях развития логического мышления и памяти студентов в процессе работы с текстовой информацией // Вестник СибАДИ. – 2012. – Выпуск 4 (26). – С. 161-164

4. Современный рынок труда и система образования: проблемы взаимодействия: Монография. – Пермь: Пермский государственный университет, Прикамский социальный институт, 2008. – 208 с.

5. Трайнев В. А., Мкртчян С. С., Савельев А. Я. Повышение качества высшего образования и Болонский процесс. Обобщение отечественной и зарубежной практики. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2007. – 392 с.

6. Ёлкин С. Е., Калинина Н. М., Чижак В. П. Модернизация системы экономического образования в России в условиях институциональной трансформации научно-образовательных комплексов: Монография. – Омск: Омский институт (филиал) РГТЭУ, 2010. – 257 с.

7. Шаблоны бизнес-процессов // FOX Manager. Управление бизнес-процессами: [сайт]. – URL: <http://www.fox-manager.com.ua/processes/Logistics/logistics2.png> (дата обращения 15.01.2013)

### THE EDUCATION OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISES MANAGERS TO IMPROVE THE ECONOMIC SECURITY OF THE REGION

A. A. Korableva

The article deals with the problems which negatively affect the quality of training middle and senior managers for the industrial business structures, and as a consequence - to the economic security of the region. The ways to improve the quality of education by modeling business processes and the involvement of students in a business game are suggested. It is based on student's advancement to the company director post by virtual career ladder.

*Кorableва Анна Александровна – к.э.н., научный сотрудник, ФГБУН Омский научный центр СО РАН (ОНЦ СО РАН). Основное направление научных исследований: разработка подходов и механизмов повышения экономической безопасности Омской области. Общее количество публикаций: 33. E-mail: anna412@mail.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. 3226. тел. (3812) 65-23-45

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 1 (29) - 2013**

## **Главный редактор**

**В. Ю. Кирничный**  
Ректор ФГБОУ ВПО «СибАДИ»

## **Заместитель главного редактора**

**В. В. Бирюков**  
Проректор по научной работе

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. 3226. тел. (3812) 65-23-45

Компьютерная верстка  
Юренко Т.В.

Ответственный за выпуск  
Юренко Т.В.

Печать статей произведена с оригиналов,  
подготовленных авторами.

Подписано в печать 04. 02. 2013 г.  
Формат 60×84 1/8. Гарнитура Arial  
Печать оперативная. Бумага офсетная  
Усл. печ. л. 12,75. Тираж 500 экз.

Отпечатано в подразделении оперативной полиграфии УМУ ФГБОУ ВПО СибАДИ  
Россия, 644080, г. Омск,  
пр. Мира, 5