

ISSN 2071-7296



СИБАДИ®

# ВЕСТНИК

# СИБАДИ



№ 1(47)/2016

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

# **ВЕСТНИК СибАДИ**

Выпуск 1 (47)

Омск  
2016

*Главный редактор* **Кирничный В. Ю.**, д-р экон. наук, доц., ректор  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ»

*Зам. главного редактора* **Бирюков В. В.**, д-р экон. наук, проф.,  
проректор по НИР ФГБОУ ВПО «СибАДИ»

**Редакционная коллегия:**

**Ваклав Скала**, профессор University of West Bohemia, Чехия, г.  
Пльзень

**Винников Ю.Л.**, д-р техн. наук, проф. Полтавского национального  
технического университета имени Юрия Кондратюка, член  
Украинского общества механики грунтов, геотехники и  
фундаментостроения, Российского общества по механике грунтов,  
геотехники и фундаментостроению, ISSMGE, IGS, действительный  
член Академии строительства Украины, Украина, г. Полтава.

**Горынин Г.Л.**, д-р физ.-мат. наук, проф., ГБОУ ВПО «СурГУ ХМАО-  
ЮГРЫ», г. Сургут.

**Жигadlo А.П.**, д-р пед. наук, канд. техн. наук, доц., ФГБОУ ВПО  
«СибАДИ».

**Жусупбеков А.Ж.**, Вице – Президент ISSMGE по Азии, Президент  
Казахстанской геотехнической ассоциации, почетный строитель  
Республики Казахстан, директор геотехнического института,  
заведующий кафедрой «Строительства» ЕНУ им Л.Н. Гумилева,  
член-корреспондент Национальной Инженерной Академии  
Республики Казахстан, д-р техн. наук, проф., г. Астана, Казахстан.

**Карл – Хейнц Ленц**, д-р техн. наук, Германия, г. Бергиш-Гладбах  
(Karl – Heinz Lenz, Präsident and professor a. D., Prof. e. h. mult. Dr-  
Ing, Germany, Bergische).

**Карпов В. В.**, д-р экон. наук, проф., директор Омского филиала  
ФГБОУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве  
Российской Федерации», г. Омск.

**Кенджио Судзуки**, профессор Национального университета,  
почетный профессор университета Токио, Япония.

**Лим Донг Ох**, доктор инженерных наук, профессор, Президент  
Университета Джунбу, г. Сеул, Южная Корея.

**Лис Виктор**, канд. техн. наук, инженер - конструктор специальных  
кранов фирмы Либхерр - верк Биберах ГмбХ (Viktor Lis Dr-Ing.  
(WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittlberach, Германия.

**Матвеев С.А.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВПО «СибАДИ».

**Мочалин С.М.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВПО «СибАДИ».

**Немировский Ю. В.**, д-р физ.-мат. наук, проф., главный научный  
сотрудник, Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Институт теоретической и прикладной механики  
им. С. А. Христиановича Сибирского отделения Российской  
академии наук, г. Новосибирск.

**Подшивалов В. П.**, д-р техн. наук, проф., Белорусского  
национального технического университета г. Минск, Республики  
Беларусь.

**Хмара Л.А.**, д-р техн. наук, проф., Приднепровской  
государственной академии Строительства и Архитектуры,  
заслуженный изобретатель Украины, академик Академии  
Строительства и Архитектуры Украины, г. Днепрпетровск,  
Украина.

**Щербakov В.С.**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВПО «СибАДИ».

**Эдвин Козневски**, д-р техн. наук, проф., Польша, г. Белосток  
(Edwin Kozniewski - doctor of technical science, associate professor,  
Bialystok University of Technology, Bialystok, Poland).

*Editor-in-Chief* - **Kirnichny V. Y.**, doctor of economic sciences, associate  
professor, rector of the Siberian State Automobile and Highway  
Academy (SibADI)

*Deputy editor-in-chief* - **Biryukov V.V.**, doctor of economic sciences,  
professor, pro-rector for scientific research of the Siberian State  
Automobile and Highway Academy (SibADI)

**Members of the editorial board:**

**Vaclav Skala** professor Ing. University of West Bohemia, Plzen (Pilsen),  
Czech Republic

**Vinnikov Y.L.**, doctor of technical sciences, professor of the Poltava  
National Technical University named after Yuriy Kondratyuk, a member  
of the Ukrainian Society of soil mechanics, geotechnics and foundation  
engineering, the Russian Society for soil mechanics, geotechnics and  
foundation engineering, ISSMGE, IGS, a member of the Academy of  
Construction of Ukraine, Ukraine, Poltava.

**Gorynin G.L.**, doctor of physical and mathematical sciences, professor,  
of the Surgut State University, Surgut.

**Zhigadlo A.P.**, doctor of pedagogical sciences, candidate of technical  
sciences, associate professor of the Siberian State Automobile and  
Highway Academy (SibADI).

**Zhusupbekov A.Z.**, Vice - President of ISSMGE in Asia, President of  
Kazakhstan Geotechnical Association, honorary builder of the Republic  
of Kazakhstan, director of the Geotechnical Institute, head of the  
department "Construction" of L.N. Gumilyov Eurasian National  
University, corresponding member of the National Academy of  
Engineering of the Republic of Kazakhstan, doctor of technical sciences,  
professor, Astana, Kazakhstan.

**Karl - Heinz Lenz**, doctor of technical sciences, Germany, Bergish-  
Gladbach (Karl - Heinz Lenz, Präsident and professor a. D., Prof. eh  
mult. Dr-Ing, Germany, Bergische).

**Karpov V.V.**, doctor of economic sciences, professor, director of the  
Omsk branch of the Financial University under the Government of the  
Russian Federation, Omsk.

**Kenjiro Suzuki** professor of National Institution for Academic Degrees  
and University Evaluation, and professor Emeritus of The University of  
Tokyo, Japan

**Lim Dong Okh**, doctor of engineering sciences, professor, President of  
the Goongbu University, Seoul, South Korea.

**Lis Victor**, candidate of technical sciences, design-engineer of special  
cranes of Liebherr - Werk Biberach GmbH (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK),  
Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittlberach, Germany.

**Matveev S.A.**, doctor of technical sciences, professor, of the Siberian  
State Automobile and Highway Academy (SibADI).

**Mochalin S.M.**, doctor of technical sciences, professor, of the Siberian  
State Automobile and Highway Academy (SibADI).

**Nemirovskiy Y.V.**, doctor of physical and mathematical sciences,  
professor, chief research worker of the Khristianovich Institute of  
Theoretical and Applied Mechanics SB RAS, Novosibirsk.

**Podshivalov V.P.**, doctor of technical sciences, professor of the  
Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus.

**Khmara L.A.**, doctor of technical sciences, professor, of the Dnieper  
State Academy of Construction and Architecture, Honored inventor of  
Ukraine, an academican of the Academy of Construction and  
Architecture of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine.

**Shcherbakov V.S.**, doctor of technical sciences, professor, of the  
Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI)

**Edwin Kozniewski** - doctor of technical sciences, associate professor,  
Bialystok University of Technology, Bialystok, Poland.

Адрес редакции: 644080, г. Омск, просп. Мира, 5, патентно-информационный отдел, каб. 3226. Тел. (3812) 65-23-45.

e-mail: [Vestnik\\_Sibadi@sibadi.org](mailto:Vestnik_Sibadi@sibadi.org)

Учредитель ФГБОУ ВПО «СибАДИ».

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-50593 от 11 июля 2012 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.

Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ» входит в перечень ведущих периодических изданий рекомендованных ВАК решением президиума ВАК от 25.02.2011 г.; с 01.12. 2015г. включен в новый список в соответствии с требованиями приказа Минобрнауки России от 25 июля 2014 г. № 793. 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.

**Исполнительный редактор** канд. техн. наук, доц. М. Ю. Архипенко; **Выпускающий редактор** Т.В. Куприна

Подписано в печать 12.02.2016 г. Формат 60×84 ¼. Гарнитура Arial

Печать оперативная. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 12,75. Тираж 500 экз. Заказ \_\_\_\_

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии ИПЦ ФГБОУ ВПО СибАДИ

644080, г. Омск, пр. Мира, 5

Печать статей произведена с оригиналов, подготовленных авторами

© ФГБОУ ВПО «СибАДИ», 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ I

#### ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

<b>А.В. Евстифеев, А.А. Александров, В.В. Евстифеев</b> Конструкторско-технологические решения в создании высокоэффективных технологий обработки давлением в транспортном машиностроении	7
<b>Ю.В. Ремизович</b> Результаты совершенствования редуктора крановых механизмов	14
<b>И.А. Семенова</b> Применение гидроударных устройств в качестве рабочих органов дорожно-строительных машин	17
<b>Б.Н. Стихановский, Л.М. Стихановская</b> Строительные и дорожные машины с рекуператором кинетической энергии	22
<b>В.С. Щербаков, М.С. Корытов, Е.О. Шершнева</b> Математическое моделирование рабочего процесса мостового крана с релейными приводами моста и грузовой тележки	28

### РАЗДЕЛ II ТРАНСПОРТ

<b>С.А. Кравцов</b> Оценка влияния схождения и развала управляемых колес на топливную экономичность и износ шин автомобилей многоцелевого назначения	37
<b>В.М. Курганов</b> Транспортные системы и комплексы в ретроспективе развития	41
<b>Н.Г. Певнев, Э.Р. Раенбагина</b> Совершенствование нормативной базы по производству и безопасной эксплуатации газобаллонных автомобилей	47
<b>П.Н. Рубежанский, А.В. Давыдов</b> Комплексная программа повышения эффективности локомотивного парка ОАО «РЖД»	54

### РАЗДЕЛ III СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

<b>Ю.В. Краснощёков, Р.А. Галузина</b> Прочность бетона как сопротивление разрушению	61
<b>В.С. Лесовик, Р.С. Федюк</b> Теоретические предпосылки создания цементных композитов повышенной непроницаемости	65
<b>В.А. Шнайдер, Г.М. Левашов, В.В. Сиротюк</b> Определение требуемой прочности геосинтетических материалов для противозерозионной защиты неподтопляемых откосов земляного полотна	72

### РАЗДЕЛ IV ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

<b>В.Н. Бондарь</b> Математическая модель рабочего процесса дизельного двигателя на режимах пуска	81
--	----

### РАЗДЕЛ V ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>В.В. Бирюкова</b> Управление сбалансированным развитием предприятий нефтяной промышленности	87
<b>З.В. Горбунова, Н.Г. Уразова</b> Определение доминирующего инвестиционного направления развития компании. Часть 1	94
<b>Л.В. Завьялова, И.А. Брюханенко</b> Внутренний контроль организации и его внешний аудит	100

<b>Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, Ю.П. Миронова, М.П. Миронова</b> Особенности экономического прогнозирования пассажиропотоков (на примере Краснодарского края)	109
<b>О.М. Куликова</b> Технология принятия решений в процессном менеджменте непроизводственной сферы	116
<b>А.Е. Миллер</b> Обоснование вариантов планирования изменений производственной деятельности	121
<b>А.В. Михайлова, С.А. Бородулина</b> Особенности управления судоходными компаниями в современных условиях развития отрасли	129
<b>М.В. Пятков, Г.Д. Боуш</b> Промышленное доминирование: теория и методика диагностики явления	137

## CONTENTS

### PART I TRANSPORT, MINING AND MECHANICAL ENGINEERING

<b>A.V. Evstifeev, A.A. Alexandrov, V. V. Evstifeev</b> Design and technological solutions in development of highly efficient processing technology pressure	7
<b>Y.V. Remizovich</b> Results of improvement of the reducer crane mechanisms	14
<b>I.A. Semenova</b> Application of hydraulic device as working bodies of the road-building machines	17
<b>B.N. Stickhanovskiy, L.M. Stickhanovskaya</b> Building and road machines with heat recovery of kinetic energy	22
<b>V.S. Scherbakov, M. S. Korytov, E.O. Shershneva</b> Mathematical modelling of working process of the bridge crane with relay drives of the bridge and cargo cart	28

### PART II TRANSPORT

<b>S.A. Kravtsov</b> Evaluation of the influence of toe and camber of the steered wheels on fuel economy and tyre wear multipurpose vehicles	37
<b>V.M. Kurganov</b> Transport systems and complexes in the retrospective development	41
<b>N.G. Pevnev, E.R. Raenbagina</b> Improving the regulations for the production and safe operation of the gas automobile	47
<b>P.N. Rubezhanskiy, A.V. Davydov</b> Comprehensive program of increase of efficiency of locomotive park JSC RZHD	54

### PART III CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

<b>Yu.V. Krasnoschekov, R.A. Galuzina</b> Strength of concrete as fracture resistance	61
<b>B.C. Lesovik, R.S. Fedyuk</b> Theoretical prerequisites of creation of cement composites of the increased impermeability	65
<b>V.A. Schneider, G.M. Levashov, V.V. Sirotyuk</b> The definition of strength required geosynthetics for erosion control nepotplyaemyj protection slope subgrade	72

### PART IV COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

<b>V.N. Bondr</b> Mathematical model of working process of diesel engine the modes of start-up	81
---	----

### PART V ECONOMICS

<b>V. V. Biryukova</b> Management of the balanced development of the enterprises of oil industry	87
<b>Z.V. Gorbunova, N. G. Urazova</b> Definition of the dominating investment directions of development of the company. Part 1	94
<b>L.V. Zavyalova, I.A. Brukhanenko</b> Internal control of the organization and its external audit	100

<b>T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan, Y.P. Mironova, M.P. Mironova</b>	
Forecasting of economic of passenger traffic (on the example of Krasnodar region)	109
<b>O.M. Kulikova</b>	
Technology of decision-making in process management of the non-productive sphere	116
<b>A.E. Miller</b>	
Substantiation of production activity changes planning options	121
<b>A.V. Mikhailova, S.A. Borodulina</b>	
Features of functioning and management of shipping companies in modern conditions of development of branch	129
<b>M.V. Pyatkov, G.D. Boush</b>	
Industrial dominance: the theory and the methods of diagnosis	137

# РАЗДЕЛ I

## ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621. 777: 621.984.5

### КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В СОЗДАНИИ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ В ТРАНСПОРТНОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

А.В. Евстифеев<sup>1</sup>, А.А. Александров<sup>2</sup>, В.В. Евстифеев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ОПО «Иртыш», Россия, г. Омск;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО СибАДИ, Россия, г. Омск.

**Аннотация.** На основании многолетнего опыта внедрения процессов объемной и листовой штамповки представлены сравнительные особенности разработки технологий и формообразующего инструмента, и, в том числе, обеспечивающих получение фасонных деталей с приложением меньших деформирующих сил при сохранении заданных характеристик прочности и пластичности, а также экономии материалов. Рациональный технологический процесс может быть создан только при тщательном анализе множества известных и оригинальных способов формоизменения заготовок и контроле структуры металла и формы поковки.

**Ключевые слова:** поперечно - прямое, комбинированное и обратное выдавливание, высадка; удельные силы, волокнистая структура, ресурс пластичности, локальное охлаждение, холодная объемная штамповка.

#### Введение

Рациональная схема технологического процесса объемной штамповки может быть отработана только в результате всестороннего анализа нескольких вариантов. И надо иметь в виду, что для некоторых типов деталей число возможных вариантов может достигать до нескольких десятков. Например, для детали типа «стакан» количество вариантов равно 48 [1]. Поэтому наиболее ответственным и трудоемким этапом подготовки производства является выбор последовательности или совмещения операций и основных методов формообразования, прогнозирование течения металла, определение формы и размеров исходной заготовки.

Выбранная маршрутная схема штамповки должна обеспечить наилучшие условия работы инструмента при минимальном количестве переходов, высокий коэффициент использования металла.

#### Обоснование выбора технологий

При отработке рабочей технологии штамповки (технологии получения резанием не рассматривались, как неконкурентоспособные) детали «ниппель» (рис. 1б) рассматривалось восемь вариантов

(семь со штамповкой из сплошных цилиндрических заготовок: два из них показаны на рисунке 1а, и один – выдавливание из трубной заготовки), [2]. Выдавливание полуфабрикатов типа «стакан» из сплошной заготовки происходит при удельном усилии 2000 - 2300 МПа [3], что требует использования для изготовления инструментов дорогих быстрорежущих сталей Р12, Р18, Р6М3. Во всех случаях необходимо вводить операции удаления дна стакана, и, кроме того, производить высадку головки из упрочненного на первой операции металла. Технология штамповки из трубной заготовки лишена этих недостатков (рис. 1 д, г, в).

Трубные заготовки целесообразно использовать и при штамповке деталей типа «опора шаровая» (рис. 2в). На практике, чаще всего, штамповку осуществляют из цилиндрической заготовки обратным выдавливанием с последующей пробивкой отверстия или обратным выдавливанием пуансоном с оправкой из кольцевой заготовки с толщиной стенки, равной окончательной. И в том, и в другом случае истечение металла происходит в одном направлении, что предопределяет значительные нагрузки на пуансоны.

Если опытным путем подобрать отношение толщины стенки трубной заготовки к ее высоте, то можно создать условия для течения металла в нескольких направлениях [2], что снижает нагрузки на инструмент. Результат представлен на рисунках 2а и 2б.

Особенно трудно проектировать операции холодной объемной штамповки (ХОШ) деталей типа «стакан с осевым отростком» (рис.3), когда внутренний диаметр полый части практически равен поперечному

размеру отростка. В этом случае велика вероятность отделения одной части детали от другой (операция пробивки) – (отношение диаметра полости к диаметру отростка  $\approx 1,05$ ), и так как течение металла при степени деформации 69 % идет преимущественно в сторону отростка. Поэтому в качестве основной формоизменяющей операции выбрана контурная осадка [4], обеспечивающая деформацию без разрушения металла.

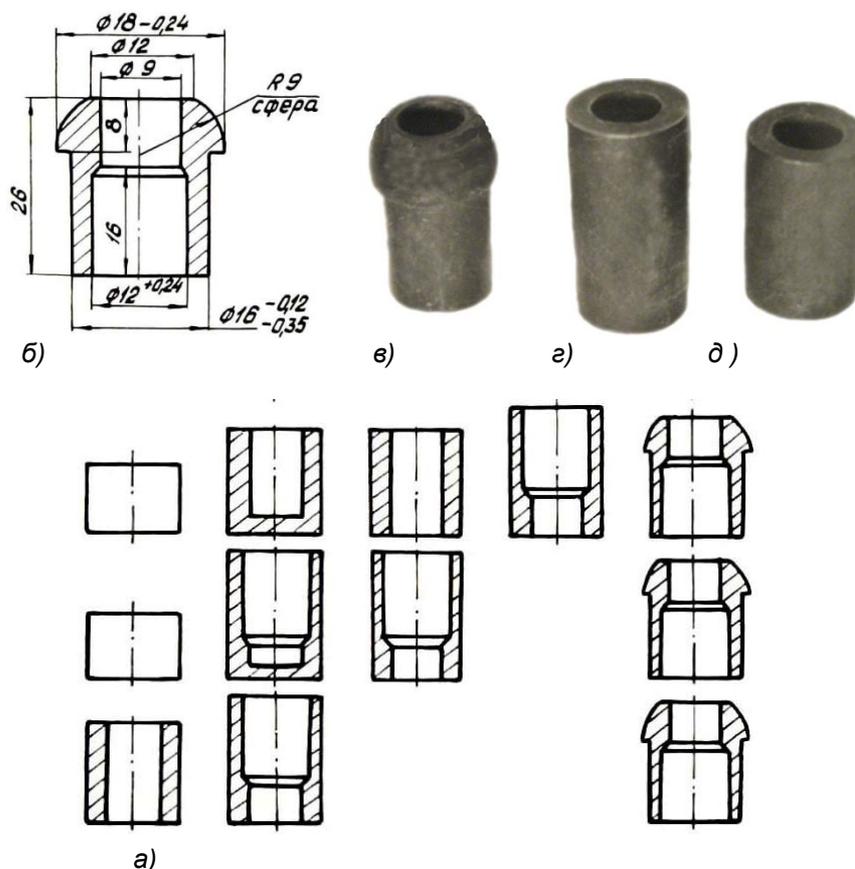


Рис. 1. Возможные варианты (а) процессов холодной объемной штамповки детали «ниппель» (б, в); полуфабрикат (г) и исходная трубная заготовка (д)

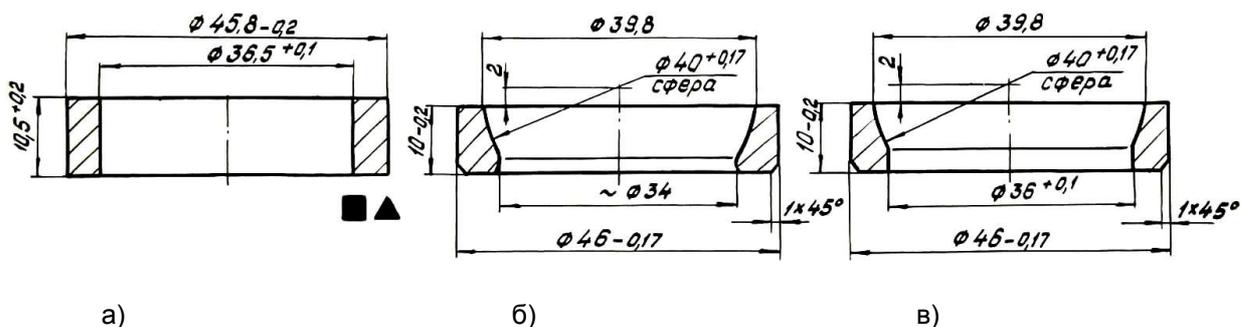


Рис. 2. Переходы холодной объемной штамповки «сферической опоры» с деформированием трубной заготовки пуансоном без оправки

Существенного снижения нагрузок на инструмент, а значит, повышения его стойкости, можно добиться за счет изменения общей схемы деформирования металла. Например, при штамповке деталей типа «стержень с пустотелой головкой» вместо высадки сплошной головки и последующего обратного выдавливания (рис. 4а) [5,6] целесообразно использовать различные модификации (рис. 4б, 4в, 4г) операции поперечно-прямого выдавливания заготовки 1. За счет разноименного напряженно-деформированного состояния в очаге деформации силы деформирования уменьшаются в 2 - 3 раза [7].

Иногда при анализе общепринятых технологий массового производства обнаруживаются недостатки, на которые никто не обращает внимания. Например, анализ технологии холодной объемной

штамповки заготовок шариков (диаметром до 26 мм) из цилиндрической заготовки в открытых штампах показал, что невозможно избежать облоя (рис 5а), и даже при смещении плоскостей разъема [5,8]. Для удаления облоя приходится в цикл обработки шарика вводить операцию обдирки.

Всесторонние исследования [9] позволили разработать и внедрить в производство процесс безоблойной штамповки шариков из фасонной заготовки (рис. 5б). На первом переходе производится редуцирование цилиндрической заготовки, что приводит к облегчению заполнения приполюсной зоны и равномерному распределению деформаций по объему шарика. Тем самым улучшаются структура и надежность шариков. И, в конечном счете – и надежность узлов машин и агрегатов.

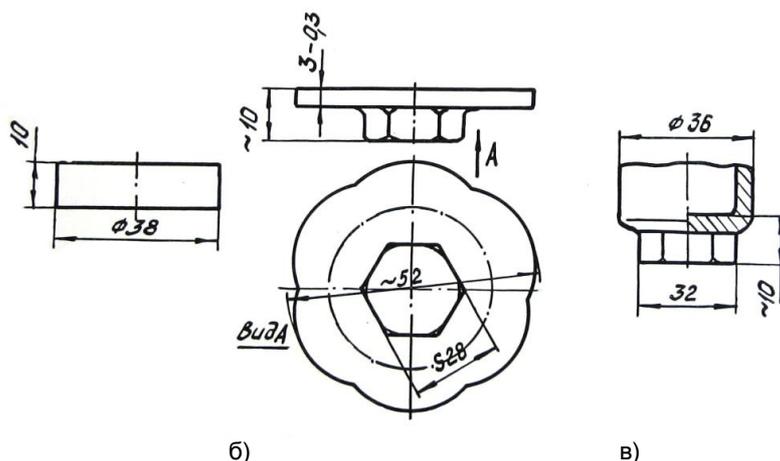


Рис. 3. Технология холодной объемной штамповки крышки гидросистемы: а – исходная заготовка; б – контурная осадка заготовки на матрице с шестигранным отверстием; в – операция вытяжки-свертки

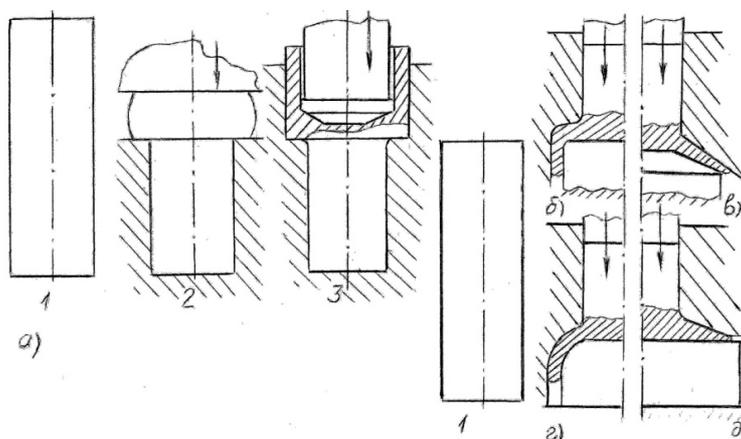


Рис. 4. Технологии холодной объемной штамповки деталей типа стержня с пустотелой головкой: а – двухпереходный процесс с высадкой головки (2) и обратным выдавливанием полости (3); однопереходный процесс поперечно-прямого выдавливания пустотелых головок (б, в, г, д)

На рисунке 6а представлен комплект шарового шарнира рулевой тяги автомобиля, в котором сухарь по технологии ГАЗа штамповался из шаровой заготовки. Последовательность изготовления показана на рисунке 6б. С точки зрения организации автоматизированного производства цикл технологического процесса безупречен. С другой стороны, качество полуфабриката под окончательную обработку не во всех случаях отвечает требованиям безопасности, особенно если иметь в виду, что сухарь подвергается цементации и закалке. При этом важно располагать волокна металла в направлении действия наибольших нагрузок. Так, как показано на рисунке 6б (б1). При автоматической загрузке заготовок (без принудительной ориентации) ориентация волокон может быть и такой, как показано на рисунке 6б (б2). Естественно, и расположение

волокон в поковках будет соответствовать рисункам 6б (в1 и в2).

Правильное расположение волокон обеспечивается при формовке сухаря из трубной заготовки (рис 6в) в процессе обжима.

При вытяжке сферических деталей напряженное состояние заготовки неоднородно: в центральной её зоне возникает двухосное растяжение, а вблизи рабочей кромки матрицы – сжато-растянутое напряженное состояние [10]. В связи с тем, что центральная часть деформируется в условиях двухосного растяжения, на этом участке происходит интенсивное утонение стенки детали. Утонение составляет обычно более 10 %, что часто недопустимо. Иногда чрезмерное утонение приводит к появлению трещин.

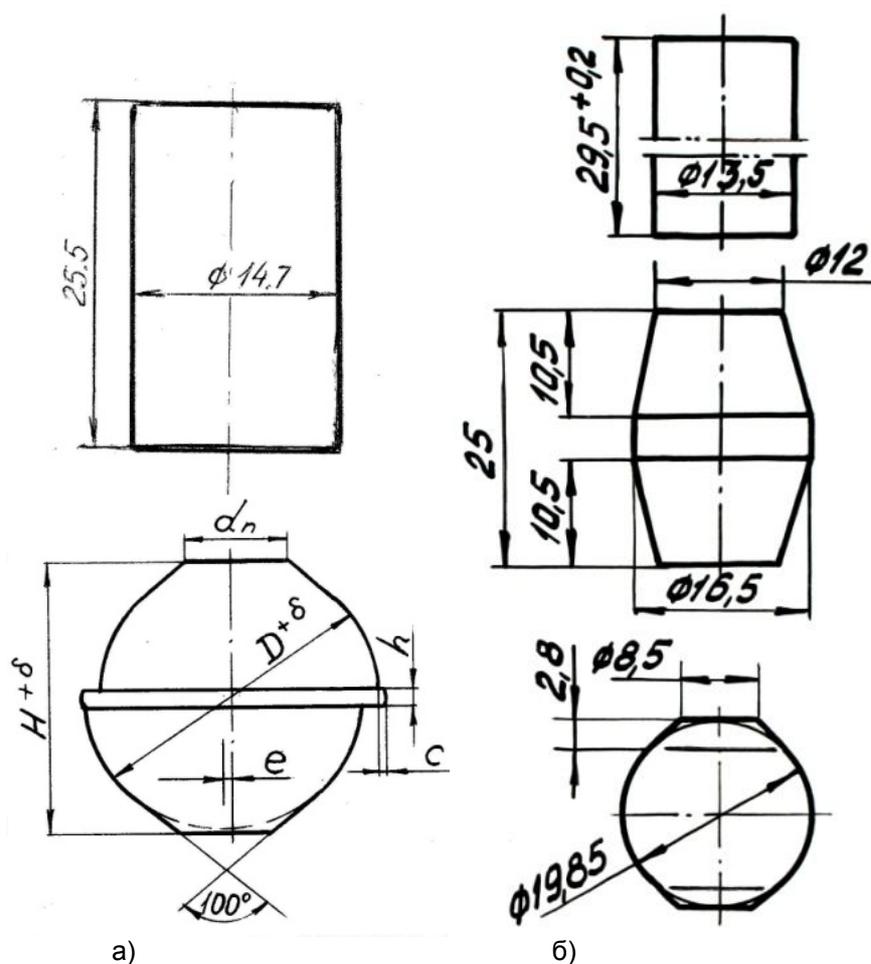


Рис. 5. Технологии высадки полуфабрикатов шариков подшипников:  
 а – высадка с облоем из цилиндрической заготовки;  
 б – высадка с предварительным редуцированием заготовки

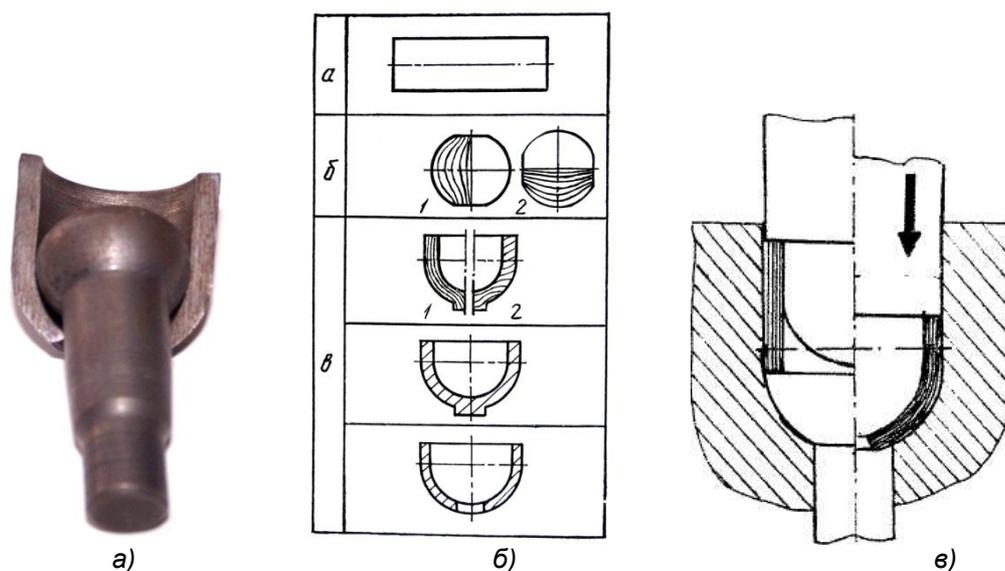


Рис. 6. Комплект шарового шарнира (а); переходы штамповки детали «сухарь» по технологии ГАЗа (б); штамповка сухаря по технологии ОмГТУ (в)

Выход был найден в ОмГТУ при штамповке полусфер из титанового сплава ВТ6С. Заготовка 1 нагревалась в вертикальной муфельной печи 3 до температуры штамповки. Затем ее вынимали специальными клещами, у которых на концах закреплены цилиндрические пяты 2 (рис. 7а). Перед вводом клещей в печь

пяты охлаждались в воде. При осуществлении штамповки металл заготовки в подстуженной зоне 5 в начальный момент деформируется с запозданием. Таким образом, формируется зона «ограниченной деформации» 4. И утонение не превышает 5%.

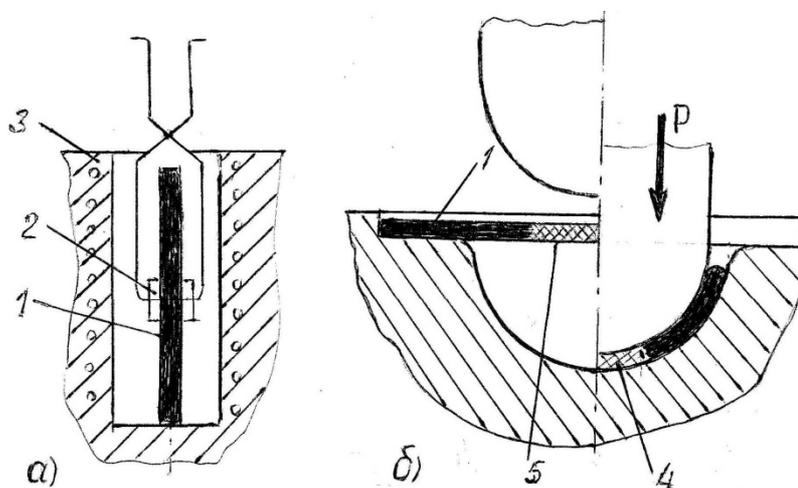


Рис. 7. Штамповка полусфер шаровых баллонов с минимальным утонением стенок: а – выемка круглой заготовки (1) клещами с охлаждающими «пятами» (2) из вертикальной муфельной печи (3); б - вытяжка-свертка заготовки с подстуженной зоной (5); 4 - зона ограниченной деформации

При штамповке полых деталей с развитым фланцем (рис. 8) с целью снижения деформирующих сил и упрощения конструкции инструмента рекомендуется сначала «разогнать» металл трубной заготовки к периферии с помощью

конического пуансона (рис. 8а; угол наклона образующих подбирается так, чтобы исключить течение к центру), а затем осадить до нужной толщины плоским пуансоном (рис. 8б), [11].

Конические тонкостенные стаканы (рис. 8в) практически невозможно выдавить, даже из алюминиевых сплавов [12]. Но это легко сделать, если выдавливать металл в

суживающую щель (рис. 8г). Разность углов наклона поверхностей щели рассчитывается так, чтобы не было разрыва стенки.

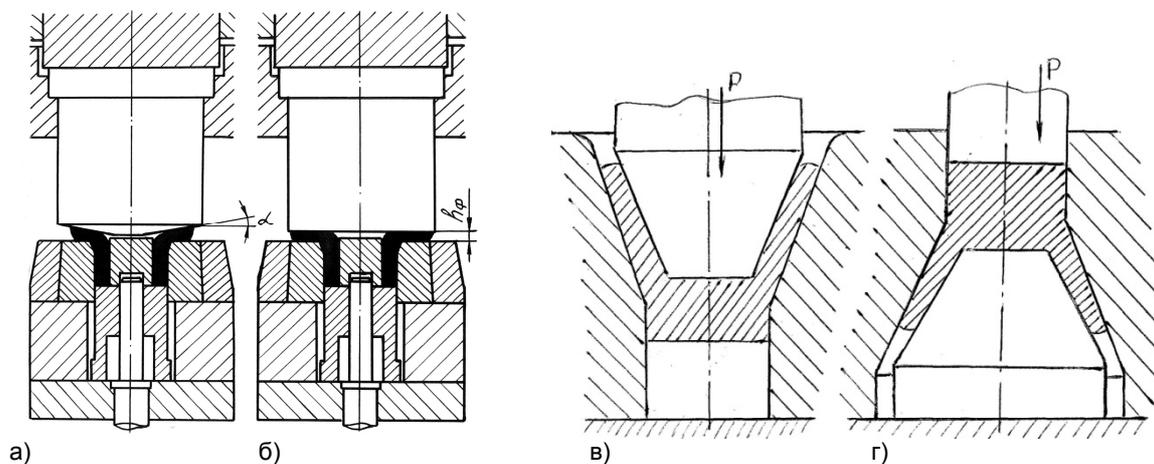


Рис. 8. Технологические схемы холодной объемной штамповки деталей «фланец»: а – осадка фланца коническим пуансоном ( $\alpha \leq 10$  град), [11], б - осадка фланца плоским пуансоном; и «конический стакан»: в - обратным выдавливанием, г - прямым выдавливанием металла в суживающую щель

На рисунке 9 представлены две технологии ХОШ. Отличаются они только тем, что в результате изменения диаметра исходной заготовки с 23 мм на 24 мм (вариант по рис. 9б)

удельная сила деформирования на первом переходе уменьшилась на 200 МПа. И это повысило стойкость прошивных пуансонов.

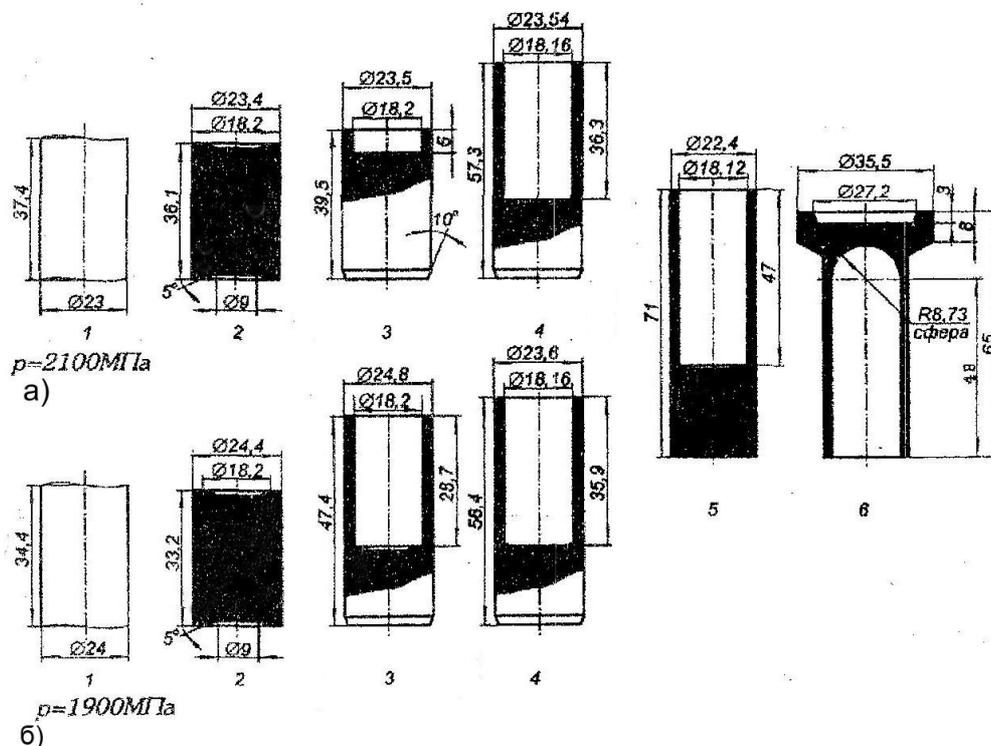


Рис. 9. Переходы холодной объемной штамповки толкателя клапана: а – КАМАЗ – НИИТАвтопром [13]; б – предложение авторов [1]

### Заключение

При разработке технологий изготовления деталей методами штамповки необходимо просматривать несколько возможных вариантов, отличающихся количеством переходов, схемами деформирования, сложностью инструментальных наладок. Во всех случаях следует анализировать волокнистую структуру поковки, возможность появления дефектов после термообработки, использовать рациональные схемы деформирования.

### Библиографический список

1. Евстифеев, В.В. Использование таблиц возможных вариантов для совершенствования технологических процессов / В.В. Евстифеев, Д.Н. Присядин, А.В. Евстифеев // Механика процессов и машин. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001. – С. 130 – 135.
2. Евстифеев, В.В. Проектирование, анализ и расчет процессов холодной объемной штамповки: Монография / В.В. Евстифеев, А.А. Александров, И.С. Лексутов. – Омск: СибАДИ, 2009. – 184 с.
3. Фельдман, Г.Д. Холодное выдавливание стальных деталей / Перевод с нем. Е.Н. Ланского; Г.Д. Фельдман. – М.: Машгиз, 1963. – 188 с.
4. Норицын, И.А. О распределении контактных напряжений при холодной штамповке деталей с фланцем / И.А. Норицын, В.А. Головин, А.С. Базык // Кузнечно-штамповочное производство. – 1964. – № 11. – С. 1 – 5.
5. Холодная объемная штамповка: Справочник / Под ред. профессора Г.А. Навроцкого. – М.: Машиностроение, 1973. – 469 с.
6. Филимонов, Ю.Ф. Штамповка прессованием / Ю.Ф. Филимонов, Л.А. Позняк. – М.: Машиностроение, 1964. – 188 с.
7. Александров, А.А. Определение технологических параметров при поперечно-прямом выдавливании стаканов / А.А. Александров, В.В. Евстифеев // Прикладные задачи механики. – Омск: Изд-во ОмГТУ, – 2003. – С. 41 – 44.
8. Байков, С.П. Новые технологические процессы производства шариков: Обзор. – М.: НИИТАВТОПРОМ, 1968. – 27 с.
9. Кокоулин, В.П. Совершенствование технологического процесса и повышение стойкости инструмента холодной объемной штамповки шариков / В.П. Кокоулин, В.А. Лоскутов, Р.А. Мокроусов. Отчет по НИР, № 24, ОмПИ. Гос. регистрация № 740430058. – 26 с.
10. Аверкиев, Ю.А. Холодная штамповка: Формоизменяющие операции / Ю.А. Аверкиев. – Ростов – на Дону: Изд-во Ростовского университета, 1984. – 288 с.
11. А.с. (СССР). Способ формовки фланцев на полой цилиндрической детали / А.А. Александров, В.В. Евстифеев, В.Н. Лобас, И.А. Игнатович –

№1355339; заявл. 5.10. 1987; опубл. 1.08.1987. – Бюл. № 44.

12. Подколзин, Г.Н. Методика построения геометрии инструмента при холодном выдавливании конических стаканов / Г.П. Подколзин, В.В. Евстифеев // Кузнечно-штамповочное производство. – 1976. – № 3. – С. 11 – 13.

13. Холодная объемная штамповка стальных деталей в автомобильной промышленности. РТМ37. 002. 0098.-83. – М.: НИИТАВТОПРОМ, 1984. – 101 с.

### DESIGN AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN DEVELOPMENT OF HIGHLY EFFICIENT PROCESSING TECHNOLOGY PRESSURE

A.V. Evstifeev, A.A. Alexandrov, V. V. Evstifeev

**Abstract.** On the basis of long-term experience of introduction of processes of volume and sheet stamping comparative features of development of technologies and the form-building tool, and, including, the providing shaped details with the application of the smaller deforming forces are presented when saving of the set characteristics of durability and plasticity, and also economy of materials. Rational technological process can be created only in the careful analysis of a set of known and original ways of forming of preparations and control of structure of metal and a form of a forging.

**Keywords:** cross - direct, inverse and combined extrusion, landing; specific power, fiber structure, plasticity resource, local cooling, cold forging.

### References

1. Evstifeev V.V., Prisjadin D.N., Evstifeev A.V. Ispol'zovanie tablic vozmozhnyh variantov dlja sovershenstvovaniya tehnologicheskikh processov [Using tables of possible options for the improvement of processes]. *Mehanika processov i mashin*. Omsk: Izd-vo OmGTU, 2001. pp. 130 – 135.
2. Evstifeev V.V., Aleksandrov A.A., Leksutov I.S. *Proektirovanie, analiz i raschet processov holodnoj ob'emnoj shtampovki* [Design, analysis and calculation processes of cold forming]. Omsk: SibADI, 2009. 184 p.
3. Fel'dman G.D. *Holodnoe vydavlivanie stal'nyh detalej* [Cold extrusion steel parts]. Pervod s nem. E.N. Lanskogo; G.D. Fel'dman. Moscow, Mashgiz, 1963. 188 p.
4. Noricyn I.A., Golovin V.A., Bazyk A.S. O raspredelenii kontaktnyh naprjazhenij pri holodnoj shtampovke detalej s flancem [On the distribution of contact stresses in cold stamping parts flange]. *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo*, 1964, no 11. pp. 1 – 5.
5. *Holodnaja ob'emnaja shtampovka* [Cold forging: Handbook]. Pod red. professora G.A. Navrockogo. Moscow, Mashinostroenie, 1973. 469 p.
6. Filimonov Ju.F., Poznjak L.A. *Shtampovka pressovaniem* [Shtampovka compression]. Moscow, Mashinostroenie, 1964. 188 p.

7. Aleksandrov A.A., Evstifeev V.V. *Opređenje tehnologi-cheskih parametrov pri poperechno-prjamom vydav-livanií stakanov* [Defining technological parameters for extrusion direct cross-cup]. *Prikladnye zadachi mehaniki*, Omsk: Izd-vo OmGTU, 2003. pp. 41 – 44.

8. Bajkov S.P. *Novye tehnologicheskie pro-cessy proizvodstva sharikov: Obzor*. [New technological processes for the production of bulbs: Overview]. Moscow, NII-TAVTOPROM, 1968. 27 p.

9. Kokoulin, V.P., Loskutov V.A., Mokrousov R.A. *Sovershenstvovanie tehnologicheskogo processa i povysenie stojkosti instrumenta holodnoj ob'emnoj shtampovki sharikov* [Improvement of the process and increasing the tool life of cold forging balls]. *Otchet po NIR*, № 24, OmPl. Gos. registracija № 740430058. 26 p.

10. Averkiev Ju.A. *Holodnaja shtampovka: Formoizmenjajushhie operacii* [Cold pressing: shaping operations]. Rostov – na Donu: Izd-vo Rostovskogo universiteta, 1984. 288 p.

11. Aleksandrov A.A., Evstifeev V.V., Lobas V.N., Ignatovich I.A. A.s. no 1355339 (SSSR). *Sposob formovki flancev na poloj cilindricheskoi detali* [The method of molding the flange on the hollow cylindrical member]. 1987.

12. Podkolzin G.N., Evstifeev V.V. *Metodika postroeniya geo-metrii instrumenta pri holodnom vydavlivanii konicheskikh stakanov* [The method of constructing the geometry of the tool during the cold extrusion conical cup]. *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo*, 1976, no 3. pp. 11 – 13.

13. *Holodnaja ob'emnaja shtampovka stal'nykh detalej v avtomobil'noj promyshlennosti. RTM37. 002. 0098.-83*. [Cold forging steel parts in the automotive

industry. RTM37. 002. 0098.-83]. Moscow, NIITAvtoprom, 1984. 101 p.

*Евстифеев Александр Владиславович* (Россия, г. Омск) – инженер ОПО «Иртыш» (644060, ул. Гуртьева, 18, e-mail: a\_evstifeev@mail.ru).

*Александров Александр Александрович* (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

*Евстифеев Владислав Викторович* (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии», ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).

*Evstifeev Aleksandr Vladislavovich* Russian Federation, Omsk) – engineer of OPO «Irtysk» (644060, Gyrtveva, 18, e-mail: a\_evstifeev@mail.ru).

*Alexandrov Alexander Aleksandrovich* (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Building structure" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5).

*Evstifeev Vladislav Victorovich* (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Automobiles, construction materials and technologies", of The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).

УДК 621.83.061

### РЕЗУЛЬТАТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕДУКТОРА КРАНОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

Ю.В. Ремизович

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В данной статье предложена и обоснована конструкция редуктора с переменным передаточным числом. Редуктор позволяет производить разгон и движение крана (тележки) с тремя скоростями с плавным переключением передач. Муфты встроены в зубчатые колеса. Конструкция компактная, простая и надежная. Обеспечено снижение динамических нагрузок, раскачивание груза. В качестве прототипа муфт принята обгонная муфта с цилиндрическими роликами. В предложенном редукторе муфты содержат конические ролики.

**Ключевые слова:** редуктор, муфта, передача, скорость.

#### Введение

Все крановые механизмы содержат редуктор. В зависимости от типа крана и механизма редуктор может быть одно-, двух или трехступенчатым, т.е. иметь от одной до трех пар зубчатых колес. Каждая пара зубчатых колес имеет постоянное передаточное число,

как и редуктор в целом. Для управления (изменения) скоростей рабочих операций: передвижения крана, тележки используют тиристорный электропривод, работа которого сопровождается преобразованием электроэнергии, что приводит к потерям.

**Постановка задач**

Исходя из изложенного, следует признать актуальным разработку редуктора с регулируемым передаточным числом. Такой редуктор позволит управлять скоростями рабочих операций средствами механики с использованием обычного промышленного электропривода.

Попытки создания редукторов с переменным передаточным числом предпринимались неоднократно [1, 2].

К наиболее близким по технической сущности к редукторам с регулируемым передаточным числом могут быть отнесены планетарные коробки перемены передач (КПП) транспортных средств (ТС), в том числе автоматические (АКПП) [3, 4].

Для переключения передач в КПП используют фрикционные муфты и тормозы по три указанных элемента на каждой передаче. Для управления муфтами и тормозами используют гидропривод (кольцевые гидроцилиндры) или электропривод [4, 5].

В КПП легковых автомобилей используют неуправляемые роликовые обгонные муфты одностороннего действия.

КПП ТС непригодны для использования в приводах крановых механизмов, т.к. они не могут обеспечить возвратно-поступательное движение крана (тележки).

**Решение задач**

Кинематическая схема предлагаемого редуктора изображена на рис.

Редуктор содержит входной вал 1, на котором закреплена шестерня 2, находящаяся в зацеплении с зубчатым колесом 4, закрепленном на валу 3. На валу 3 закреплены шестерни 5, 6 и 7, находящиеся в зацеплении с колесами 8, 9 и 10. Упомянутые зубчатые колеса 8 – 10 закреплены на выходном валу 11. В каждое колесо 8, 9, 10 встроены муфты 12, 13 и 14 соответственно. Каждая из упомянутых муфт управляется механизмами 15, 16, 17 переключения передач. Конструкции встроенных муфт и механизмов переключения передач описаны в работе [6].

Редуктор содержит (см. слева направо) четыре зубчатых пары (ступени) с передаточными числами  $U_1, U_2, U_3, U_4$ .

Следовательно, передаточные числа  $U_{п1}, U_{п2}, U_{п3}$  передач будут: на первой

на первой –  $U_{п1} = U_1 \cdot U_2$ ; на второй –  $U_{п2} = U_1 \cdot U_3$ ; на третьей –  $U_{п3} = U_1 \cdot U_4$ .

В наибольших масштабах используются мостовые краны грузоподъемностью  $Q = 20 - 25$  тонн. Скорости перемещения указанных кранов и их тележек находятся в диапазоне  $0,5 - 1,5$  м/с [1]. При пуске (разгоне) крана (тележки) происходит раскачивание груза и динамические воздействия на металлоконструкцию, сокращающие срок ее работы. Поэтому, необходим плавный пуск (разгон) крана (тележки) с ускорением  $a$  не более  $0,2$  м/с<sup>2</sup>. Обеспечить данные условия возможно при соответствующем переключении передач в предлагаемом редукторе.

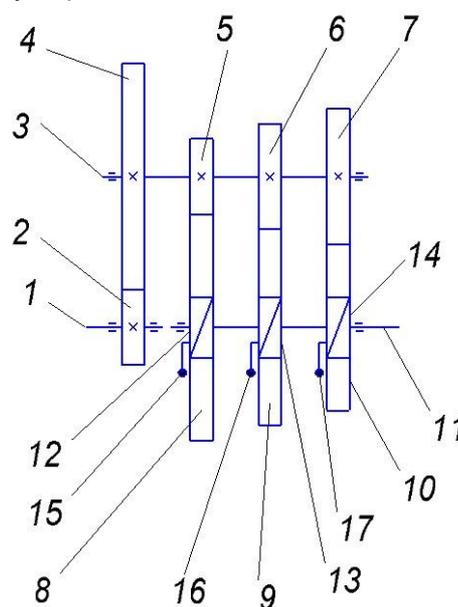


Рис. 1. Кинематическая схема редуктора

Передаточное число  $U_{п}$  передачи для указанного диапазона скоростей  $v$  крана (тележки) можно определить по формуле

$$U_{п} = \pi D n_1 / 60 v,$$

где  $D$  – диаметр (м) ходового колеса крана (тележки);  $n$  – частота вращения вала электродвигателя, мин<sup>-1</sup>.

Приняв  $D = 0,25 - 0,32$  м;  $n_1 = 1000 - 1500$  мин<sup>-1</sup> и исходя из стандартного ряда передаточных чисел редуктора 2,5; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0 можно предложить разбивку передаточных чисел по ступеням и итоговые скорости перемещения крана (тележки) – см. таблицу.

Таблица 1 – Параметры редуктора и крана (тележки)

Передача	Ступень				Передаточное число	Частота вращения колеса, мин <sup>-1</sup>	Скорость крана (тележки). м/с
	1	2	3	4			
1 – я	+	+	–	–	32	30	0,4
2 – я	+	–	+	–	16	60	0,8
3 – я	+	–	–	+	10	100	1,4

Знак «+» муфта включена; знак «–» выключена.

Передаточное число  $U_1$  первой ступени желательно иметь наименьшим. Но при трех передачах это неосуществимо. Вероятен вариант редуктора с муфтами в шестернях, но это неизбежно повлечет искусственное увеличение размеров зубчатых передач.

Для первой ступени редуктора может быть рекомендовано косозубое зацепление; для остальных трех – шевронное. При шевронном зацеплении осевая сила  $R_a = 0$ ; радиальная  $F_r = 2T \operatorname{tg} \alpha_{tw} / d_w$ , где  $T$  – вращающий момент;  $\alpha_{tw}$  – начальный диаметр зубчатых колес. Радиальную силу  $F_r$  можно выразить через параметры тел качения [7]

$$F_r = kz d_p \ell_p \cos \beta,$$

где  $k$  – численный коэффициент, характеризующий статическую стойкость муфты ( $k = 2,2$ ) [7];  $z$  – количество тел качения;  $d_p$  и  $\ell_p$  – диаметр и длина тел качения;  $\beta$  – угол контакта тел качения с поверхностями полумуфт.

Обгонная муфта с цилиндрическими роликами имеет сходство с предложенной конструкцией муфты. На ролик обгонной муфты действуют силы: нормальная  $F_N$  и касательная  $F_T$  [8], при этом

$$F_N = \frac{2T \operatorname{ctg}(\alpha/2)}{zD},$$

где  $\alpha$  – угол заклинивания ( $\alpha \cong 5^\circ$ );  $D$  – диаметр поверхности наружной полумуфты.

Зная силу  $F_N$ , можно определить контактные напряжения  $\sigma_k$ , возникающие на линии контакта ролика с поверхностью

$$\sigma_k = 0,418 \sqrt{\frac{2F_N E}{d_p \ell_p}},$$

где  $E$  – модуль нормальной упругости.

Величина  $\sigma_k$  может составлять 900 – 1200 МПа (большие значения при работе муфты в режиме тормоза).

#### Выводы

Привод механизмов переключения передач 15 и 16 может быть объединен: при выключении муфты 12 в течение 0,5 с включается муфта 13 с необходимым «перекрытием» [4], т.е. когда одна муфта еще не выключилась, а вторая включается, что способствует плавности движения крана (тележки). Для включения (выключения) муфты достаточно перемещение втулки на ~0,5 мм. При значительных моментах ( $T > 1$  кНм) возможно двухрядное или четырехрядное расположение роликов. При трехвальном исполнении возможна разработка редуктора с 4 – 6 передачами, в том числе КПП ТС, более компактная, чем современные планетарные КПП ТС.

#### Библиографический список

1. Вайнсон, А.А. Подъемно-транспортные машины / А.А. Вайнсон. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 536 с.: ил.
2. Ремизович, Ю.В. Редуктор с изменяемым передаточным числом для крановых механизмов / Ю.В. Ремизович // Вестник СибАДИ. – 2014. – № 3 (37). – С. 22 – 26.
3. Румянцев, Л.А. Новые планетарные коробки перемены передач / Л.А. Румянцев // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 6. С. 40 – 44.
4. Румянцев, Л.А. Устройства управления планетарной коробкой перемены передач / Л.А. Румянцев // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 11. – С. 31 – 35.
5. Пат. 2527415 Российская Федерация, МПК F16H6/26 Система автоматизированного переключения передач в механической КПП / Ю.Е. Хрящев. Оpubл. 27.08.14. Бюл. № 4.
6. Ремизович, Ю.В. Механизм переключения передач в редукторе / Ю.В. Ремизович // Вестник СибАДИ. – 2015. – № 6 (46). – С. 29 – 31.
7. Биргер И.А. Расчет на прочность деталей машин / И.А. Биргер, Б.Ф. Шорр, Р.М. Шнейдерович. – М.: Машиностроение, 1966. – 616 с.
8. Добровольский, В.А. Детали машин / В.А. Добровольский [и др.]. – М.: Машгиз, 1959. – 581 с.

## References

1. Vajnsон A.A. *Pod'emno-transportnye mashiny* [Hoisting-and-transport cars]. Moscow, Mashinostroenie, 1989. 536 p.
2. Remizovich Ju.V. Reduktor s izmenjaemym peredatochnym chislom dlja kranovyh mehanizmov [Reducer with variable gear-ratio for crane mechanisms]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 3 (37). pp. 22 – 26.
3. Rumjancev L.A. Novye planetarnye korobki peremeny peredach [New planetary box changes gear]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2014, no 6. pp. 40 – 44.
4. Rumjancev L.A. Ustrojstva upravlenija planetarnoj korobkoj peremeny peredach [The control Device, planetary gearbox changes gear]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2014, no 11. pp. 31 – 35.
5. Hrjashhev Ju.E. *Sistema avtomatizirovannogo perekljuchenija peredach v mehanicheskoj KPP* [System of the automated gear shifting in manual transmission]. Pat. RF, no 2527415
6. Remizovich Ju.V. Mehanizm perekljuchenija peredach v reduktore [The mechanism of a gear change in the reducer]. *Vestnik SibADI*, 2015, no 6 (46). pp. 29 – 31.
7. Birger I.A., Shorr B.F., Shnejderovich R.M. *Raschet na prochnost' detalej mashin* [Calculation on durability of details of cars]. Moscow, Mashinostroenie, 1966. 616 p.

8. Dobrovol'skij V.A. *Detali mashin* [Details of cars]. Moscow, Mashgiz, 1959. 581 p.

## RESULTS OF IMPROVEMENT OF THE REDUCER CRANE MECHANISMS

Y.V. Remizovich

**Abstract.** In this article the reducer design with variable transfer number is offered and proved. The reducer allows to make dispersal and the movement of the crane (cart) with three speeds with smooth gear shifting. Couplings are built in cogwheels. Design compact, simple and reliable. Decrease in dynamic loadings, rocking of freight is provided. As a prototype couplings accepted way clutch cylindrical roller. The proposed clutch gearbox comprise tapered rollers.

**Keywords:** reducer, coupling, transfer, speed.

*Ремизович Юрий Владимирович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры Подъемно-транспортные машины и гидропривод ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, ул. Мира, 5, e-mail: remizovich\_uv@sibadi.org).*

*Remizovich Y. V. (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor Hoisting-and-transport cars and a hydraulic actuator of The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080 Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: remizovich\_uv@sibadi.org).*

УДК 625

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОУДАРНЫХ УСТРОЙСТВ В КАЧЕСТВЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

И.А. Семенова

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В данной статье представлены результаты работы по определению основных конструктивных и энергетических особенностей гидроударных устройств, применяемых в качестве рабочих органов дорожно-строительных машин. Выявлены основные факторы, влияющие на процесс разрушения грунта (прочного материала) гидроударным устройством. Предложена перспективная конструкция гидроударного устройства (гидромолота), с несколькими рабочими органами, а также приведена принципиальная гидравлическая схема с использованием нескольких гидроударников.

**Ключевые слова:** гидроударник, грунт, базовая машина, разрушение, дробление, импульсная нагрузка.

### Введение

Гидроударное оборудование является в настоящее время одним из самых эффективных видов оборудования для разрушения, дробления, от мягких до самых крепких мерзлых грунтов или материалов (негабаритов), так как имеет бесспорные преимущества перед другими способами разрушения.

Затраты на разрушение, дробление,

применение гидроударных устройств снижаются в среднем на 30 % [1]. Повышается эффективность работы машин, за счет приложения импульсной нагрузки на рабочий орган.

Основным из преимуществ гидроударных устройств является распространенное использование в технике гидропривода, который имеет ряд преимуществ по сравнению с другими типами приводов:

высокую энергоемкость, компактность, небольшая инерционность, удобство и легкость управления, возможность обеспечения рациональной компоновки, больших передаточных отношений [2].

**Особенности применения гидроударных устройств в качестве рабочих органов дорожно-строительных машин**

Гидроударные устройства относятся к гидроимпульсным средствам механизации и относятся к машинам с более высоким уровнем автоматизации, по сравнению с другими гидравлическими устройствами.

В настоящее время подобное оборудование актуально, так как ведется строительство в арктической (северной) зоне нашей страны. Мерзлые и прочные грунты на данной территории имеют свои особенности, которые необходимо учитывать при проектировании, создании, эксплуатации гидроударных устройств, работающих в качестве рабочих органов дорожно-строительных машин.

Также небольшие фирмы, имеющие небольшой парк машин заинтересованы в расширении возможностей имеющегося оборудования, за счет дополнительного навесного оборудования. Гидроударное оборудование, применяемое в качестве сменного рабочего органа дорожно-строительной машины, позволяет производить работы по разрушению или дроблению без присутствия человека вблизи, что улучшает безопасность труда [1].

Необходимо отметить, что правильный выбор типа гидроударного устройства, параметров его работы являются одними из основных вопросов.

Основными параметрами гидроударных устройств являются энергия и частота ударов, которые зависят от физико-механических свойств мерзлых грунтов или прочных материалов, применяемых при строительстве. Для разрушения прочных и мерзлых грунтов с высоким пределом разрушения гидроударному устройству потребуется определенное количество ударов. Также основополагающим является базовое оборудование с его параметрами (номинальным гидравлическим давлением, расходом). При этом гидроударное оборудование и базовая машина должны быть конструктивно увязаны.

Гидроударное оборудование состоит из различных подсистем, которые связаны с базовой машиной (экскаватором или бульдозером). Комплектность и конструктивные

особенности зависят от условий эксплуатации гидроударного оборудования.

Математическое описание гидроударного устройства и составляющих его подсистем является системой дифференциальных уравнений, которые включают такие параметры:

- со стороны грунта: размеры негабаритных кусков разрушаемого материала, прочность разрушаемого грунта.

- со стороны базовой машины: параметры гидропривода, необходимый расход, номинальное давление, предельный вес базовой машины;

- со стороны гидроударного устройства: частота ударов, энергия удара, эффективная ударная мощность.

На практике чем выше частота ударов, тем ниже энергия удара [1]. Частота ударов зависит также от конструктивных параметров гидроударного устройства от массы подвижных частей, диаметра поршня аккумулятора, диаметра хвостовика. На рисунке 1 представлен график оптимальных параметров гидроударных устройств в зависимости от свойств разрушаемого грунта. Разрушаемый грунт представлен таким параметром как  $T$  – погонная энергия удара.

*Масса подвижных частей*

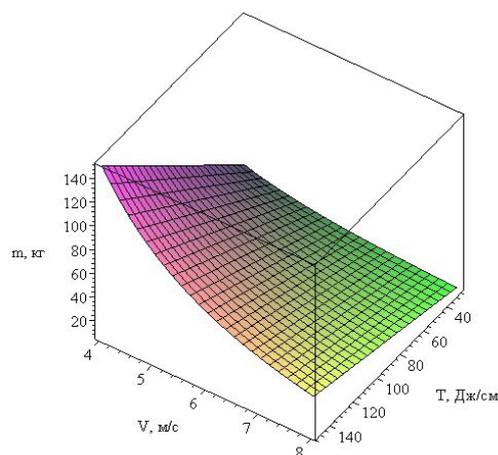


Рис. 1. График зависимости оптимальных параметров гидроударника (масса) от свойств разрушаемого грунтов (прочного материала), где  $m$  – масса подвижных частей,  $V$  – скорость подвижных частей

В гидроударнике, разрушающем или дробящем мерзлый грунт или прочный материал рабочая жидкость, свойства которой также будут зависеть от условий окружающей среды, распределяется при помощи регулируемой гидроаппаратуры.

В процессе работы гидроударного устройства ударные импульсы чередуются с выталкиванием рабочего органа (бойка). Взвод заканчивающийся фазой торможения, рабочий ход, заканчивающийся ударом по грунту [3].

Рабочая жидкость является приводом для гидроударного оборудования. С увеличением расхода, который регулируется насосом базовой машины, резко возрастает энергия единичного удара, в результате чего обеспечивается более интенсивное разрушение мерзлого грунта, либо прочного материала. Непрерывность процесса поддерживается ударными импульсами,

которые формируются в гидроударном устройстве.

Таким образом, параметры гидропривода базовой машины влияют на процесс разрушения, при помощи базовой машины можно регулировать, подачу, расход, частоту ударов гидроударника, следовательно, энергию удара в зависимости от свойств разрушаемого грунта или материала.

Гидроаппарат регулирует перепад давления и количество жидкости в гидроударном устройстве, регулируемый насос с дозированным расходом также может регулировать частоту ударов, что ведет к изменению единичной энергии удара.

*Значения энергии, развиваемой пневмоаккумулятором  $W$ , для 8 категорий грунта*

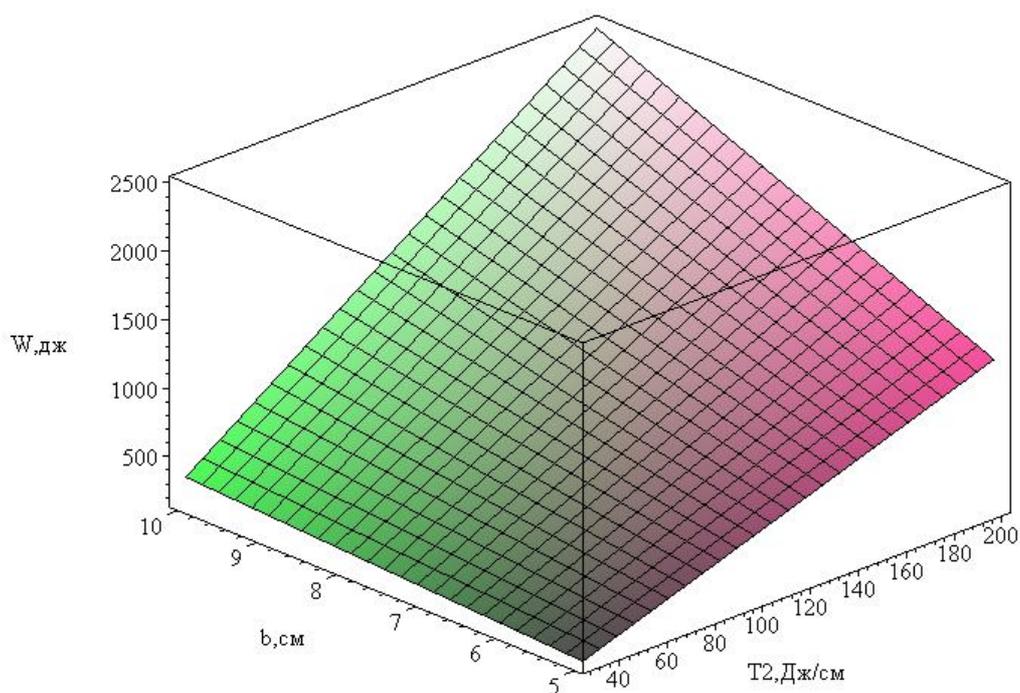


Рис. 2. График зависимости оптимальных параметров гидроударника (энергии, развиваемой пневмоаккумулятором) от свойств разрушаемого грунтов (прочного материала) где  $b$  – ширина ударника,  $T$  – погонная энергия удара

На рисунке 2 представлена зависимость конструктивных параметров гидроударника от прочности разрушаемого грунта.

Перспективным является использование нескольких гидроударных устройств [4,5,6].

При использовании нескольких

гидроударных устройств, могут использоваться дроссельные делители потока, для деления его на две или более части и для обеспечения синхронизирующего движения гидроударников (рис.3).

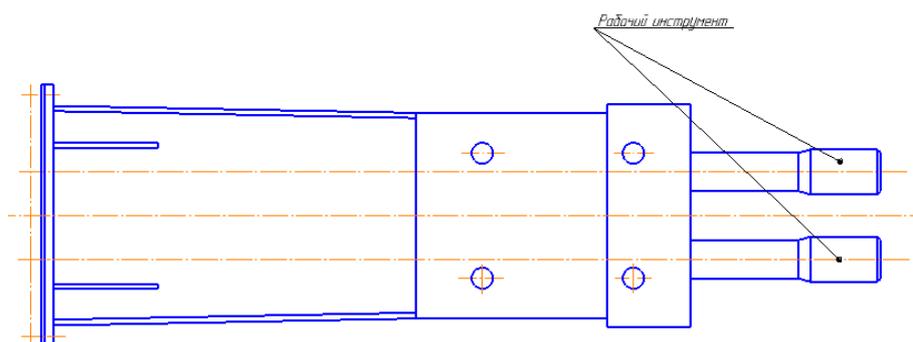


Рис. 3. Гидродарник с несколькими рабочими органами

В процессе работы нескольких гидродарных устройств жидкость подается от одного насоса (рис.4). Вследствие свойств разрабатываемого грунта выходные звенья гидродарных устройств, которыми являются бойки будут перемещаться несинхронно.

Боек для перемещения которого требуется меньшее давление, перемещается

быстрее, чем боек, для перемещения которого требуется большее давление [7].

Для устранения этих недостатков существуют различные системы синхронизации. Можно использовать дроссельные и объемные способы синхронизации движения нескольких гидродарных устройств [7].

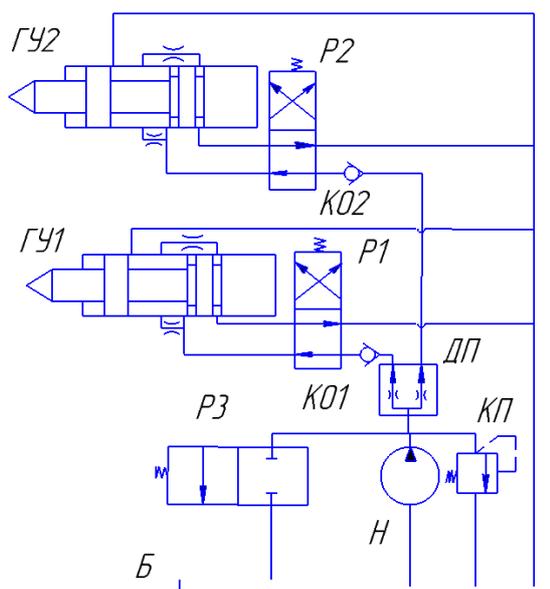


Рис. 4. Схема применения гидродарного устройства с несколькими рабочими органами с дроссельной синхронизацией

Конструкция гидродарника с двумя (несколькими) рабочими органами позволяет увеличить объем разрушения, за счет увеличения площади контакта рабочего органа с грунтом, увеличения зоны разрушения, что позволит уменьшить сроки выполнения работ, достичь более высокой эффективности удара за счет изменения конструкции.

При этом при конструировании подобных устройств необходимо учитывать, что напорная гидролиния работает при повышенном давлении, при работе гидродарника на мерзлых (прочных) грунтах необходимо учесть приспособления для гашения волны гидроудара, возможно непосредственно в корпусе гидродарника.

Учитывая опыт работ по гидроударному бурению, можно выделить определенные рекомендации по работе гидроударного устройства, применяемого в качестве рабочего органа дорожно-строительной машины:

- осевая нагрузка, которая обеспечивается тяговым усилием базовой машины при гидроимпульсном разрушении относительно слабых и средней твердости грунтов обеспечивает наряду с ударными импульсами заглубление рабочего органа в грунт и поддерживает непрерывность процесса разрушения грунта в периоды между ударами,

- в более твердых породах (грунтах, материалах), разрушение которых осуществляется преимущественно ударным сколом, осевая нагрузка способствует сохранению в процессе разрушения постоянного контакта рабочего органа с породой, благодаря чему улучшаются условия передачи ударных импульсов и обеспечивается стабильная работа гидроударника,

- в относительно слабых и малоабразивных породах увеличение осевой нагрузки даёт рост скорости углубления,

- в твердых абразивных породах с увеличением осевой нагрузки интенсивно растёт износ породоразрушающего инструмента и, следовательно, резко снижается углубление [8].

### Выводы

Таким образом, при применении, проектировании, создании, исследовании гидроударных устройств, работающих в качестве рабочих органов дорожно-строительных машин к данным устройствам необходимо предъявлять требования, характерные для гидравлических устройств, и совершенствовать их приближением импульсного питания к объемному, сокращением утечек, созданием приспособлений для уменьшения потерь энергии на процесс разрушения грунтов (прочных материалов).

### Библиографический список

1. Гидроударники, манипуляторы и дробилки-ножницы [Электронный ресурс] // Горная промышленность. – 1995. – №4. – Режим доступа: <http://mining-media.ru/ru/article/70-drob/476-gidroudarniki-manipulyatory-i-drobilki-nozhnitsy>.
2. Галдин, Н.С. Гидравлические машины, объемный гидропривод: учебное пособие / Н.С. Галдин. – 2-е изд., стер. – Омск: СибАДИ, 2014. – 272 с.

3. Галдин, Н.С. Многоцелевые гидроударные рабочие органы дорожно – строительных машин: Монография / Н.С. Галдин. – Омск; Изд – во СибАДИ, 2005. – 223 с.

4. Бедрина, Е.А. Некоторые результаты исследования математической модели совместной работы нескольких ударных устройств / Е.А. Бедрина // Дорожные и строительные машины (исследования, испытания и расчет). – Омск: Изд-во СибАДИ, 2001. – С. 10-16.

5. Бедрина, Е.А. Обоснование основных параметров гидроударников для ковшей активного действия: дис. канд. техн. наук: 05.05. 04 / Е.А. Бедрина – Омск, 2002. – 212 с.

6. Галдин, Н.С. Ковши активного действия для экскаваторов: Учебное пособие. / Н.С. Галдин, Е.А. Бедрина. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2003. – 52 с.

7. Гидравлика и гидропневмопривод [Текст]: учебник / Ю.А. Беленков, А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин. – М.: Бастет, 2013. – 406 с.: ил. - (Высшее профессиональное образование - бакалавриат, магистратура и специалитет). – Библиогр.: с. 401.

8. Электронный ресурс. – Режим доступа: URL: <http://www.urb2-5a.ru/gidrobur2>.

### APPLICATION OF HYDRAULIC DEVICE AS WORKING BODIES OF THE ROAD-BUILDING MACHINES

I.A. Semenova

**Abstract.** This article presents the results of work on the definition of the basic design features and energy hydropercussion devices used as the working bodies of road-building machinery. The main factors affecting the process of destruction of the soil (hard material) of hydraulic device. A promising design of hydraulic device (breaker), with several working bodies, as well as shows the basic hydraulic circuit using multiple hammers.

**Keywords:** hydraulic hammer, primer, base machine, demolition, crushing, pulse load.

### References

1. Gidroudarniki, manipulyatory i drobilki-nozhnitsy Gornaya promyshlennost', 1995, no 4. Available at: <http://mining-media.ru/ru/article/70-drob/476-gidroudarniki-manipulyatory-i-drobilki-nozhnitsy>.
2. Galdin, N.S. *Gidravlicheskie mashiny, ob'emnyj gidroprivod* [Hydraulic machines, hydraulic volume]. Омск: SibADI, 2014. 272 p.
3. Galdin N.S. *Mnogocелеvye gidroudarnye rabochie organy dorozhno – stroitel'nyh mashin* [Multi-purpose working bodies of hydraulic road - building machines]. Омск; Izd – vo SibADI, 2005. 223 p.
4. Bedrina E.A. *Nekotorye rezul'taty issle-dovaniya matematicheskoy modeli sovместnoy ra-boty neskol'kih udarnyh ustrojstv* [Some results of the study of mathematical model of joint work of several percussive devices]. *Dorozhnye i stroitel'nye mashiny (issledovaniya, ispytaniya i raschet)*, Омск: Izd-vo SibADI, 2001. pp. 10-16.

5. Bedrina E.A. *Obosnovanie osnovnykh parametrov gidroudarnikov dlja kovshej aktivnogo dejstvija: dis. kand. tehn. nauk* [Justification of the main parameters for the bucket hammers active: dis. cand. tehn. sciences]. Omsk, 2002. 212 p.

6. Galdin, N.S., Bedrina E.A. *Kovshi aktivnogo dejstvija dlja jekskavatorov* [Buckets for excavators active action]. Omsk: Izd-vo SibADI, 2003. – 52 s.

7. *Gidravlika i gidropnevmoпривод* [Hydraulics and Hydro-pneumatic]. Ju.A. Belenkov, A.V. Lepeshkin, A.A. Mihajlin. Moscow, Bastet, 2013. 406 p.

8. Available at: URL: <http://www.urb2-5a.ru/gidrobur2>.

Семенова Ирина Анатольевна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод ФГБОУ ВПО СибАДИ (644080 Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: [semenova\\_ia@mail.ru](mailto:semenova_ia@mail.ru)).

Semenova I.A. (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, of the traction machines and hydraulic The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080 Russia, Omsk, Mira ave. 5, e-mail: [semenova\\_ia@mail.ru](mailto:semenova_ia@mail.ru)).

УДК 539-531

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ С РЕКУПЕРАТОРОМ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Б.Н. Стихановский<sup>1</sup>, Л.М. Стихановская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), Россия, г. Омск;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «СибАДИ» Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос необходимости применения в строительных и дорожных машинах, используемых при разрушении твердых материалов и мерзлых грунтов, накопителя кинетической энергии. Применение принципа накопления кинетической энергии на большом пути во время разгона рабочего органа с защитой корпуса машины от ударных воздействий дает ряд преимуществ перед машинами с другими способами аккумуляирования энергии. Основные их них- расширение верхней границы диапазона скоростей бойка до нескольких сотен метров в секунду, увеличение удельной энергии на единицу веса машины, что заметно снижает энергоемкость процессов, возможность плавного регулирования скорости, уменьшение веса и габаритов. Приведен пример копра для испытаний бойков с высокими энергиями удара при разгоне их на большом углевом пути.

**Ключевые слова:** рекуператор, ударник, скорость удара, высокая энергия.

#### Введение

В ряде областей техники машины ударного действия определяют уровень производительности труда. Например, во многих видах земляных работ, разбивке бетонных и каменных негабаритах, разработке мерзлых и твердых грунтов наиболее эффективным является способ с применением ударных и виброударных механизмов [1]. Освоение Севера, Северо-Востока и Сибири ставит задачу разработки больших объемов вечномерзлых грунтов, т.к. грунты сезонного промерзания занимают более 80% всей территории России, а вечномерзлые – более 50%.

Современные машины ударного действия в основном имеют скорости удара не более 7-10 м/с [2,3]. Это обусловлено тем, что самые прочные конструкционные материалы испытывают остаточные пластические деформации в области контакта при

скоростях более 10 м/с. В некоторых же случаях для выполнения определенных работ в первую очередь нужна не большая частота ударов с малой энергией единичного импульса, а мощные, хотя и редкие удары. Например, кусок негабарита из камня или бетона можно бить малыми ударными импульсами, когда вся энергия будет уходить в упругие колебания этого объема породы, а можно ударить всего один раз, но с нужной энергией, и он сразу расколется. По этой причине в ряде случаев необходимо иметь ударные узлы с накоплением кинетической энергии бойка на большом пути разгона, т.е. с рекуператором кинетической энергии, который позволяет иметь большие ударные импульсы при малой частоте ударов.

В горной и строительной промышленности применение высоких энергий разрушения пород, бетона и других твердых материалов различной крепости, мерзлых грунтов весьма

перспективно, т.к. при ударе большой амплитуды наблюдается откол относительно крупных кусков, что снижает заметно энергоёмкость процесса по сравнению с мелкими отколами, когда много энергии затрачивается на работу измельчения за счет увеличения в несколько раз поверхностного отрыва породы в мелкие фракции.

### **Выбор соударяющихся элементов.**

Повышение скорости удара в машинах, стендах и установках ударного и ударно-вращательного действия при надежной и долговечной работе необходимо по многим причинам:

Это и заметное снижение реакции отдачи при одной и той же энергии единичного удара, и уменьшение веса машины на единицу мощности, и заметно больший диапазон изменения скоростей, деформаций, ускорений и др. важнейших параметров ударного импульса при испытаниях различных изделий на ударные воздействия [4]. При одинаковой энергии единичного удара рациональны максимально допустимые скорости соударения, т.к. при этом наблюдается наименьшая реакция отдачи корпуса и вибрация. Действительно, если кинетическая энергия бойка постоянная:  $E = mV^2 / 2 = \text{const}$  и величина импульса отдачи при разгоне бойка от 0 до  $V$  равна  $P = \int_0^V F dt = mV$ , где  $\int_0^V F dt$

- импульс сил, разгоняющих боек до скорости  $V$ , то

$$P = 2E / V = \text{const} / V.$$

Следовательно, увеличение скорости соударения бойка прямо пропорционально понижает величину реакции отдачи и в еще большей степени (в квадрате) уменьшает вес бойка.

Скорость соударения при закаленных деталях ограничена обычно до 10-15 м/с. При большей скорости соударения в зоне ударного контакта возникают заметные упругопластические деформации, которые изменяют форму соударяющихся тел и выводят машину из строя, поэтому известные машины ударного и ударно-вращательного действия ограничены этими же скоростями.

Итак, использованию относительно высоких скоростей в машинах ударного действия препятствуют в основном большие напряжения в зоне ударного контакта. Одним из возможных путей преодоления этого препятствия является повышение контактной прочности материала соударяющихся тел.

Весьма важно в машине полезно использовать или сдемфировать энергию отскока бойка при обратном цикле т.к. при скорости удара в несколько десятков метров в секунду и, например, отскоке  $f = 0.1 - 0.5$ , скорость и энергия отскока могут быть еще достаточно большими и привести к разрушению машины [5].

Повышение контактной прочности бойка и инструмента за счет применения улучшенных сталей и новых материалов позволяет в настоящее время повысить скорости удара весьма незначительно, поэтому при создании машин с повышенными скоростями удара был разработан и исследован боек специального изготовления [6,7]: в форме шара из упругопластического материала с закаленной сердцевиной. При этом твердость от сердцевины к оболочке изменяется плавно, чтобы не происходило в процессе работы отслоения. Боек после каждого удара принудительно поворачивается, образуя при соударениях с инструментом наклеп по всей поверхности. Закаленная сердцевина шара является своего рода внутренним жестким скелетом, не дающим ему изменить свою форму, а упругопластическая оболочка шара уменьшает максимальные контактные напряжения, несколько растягивая ударный импульс. Этим удается сохранить торец инструмента-волновода, т.к. пластические отпечатки появляются лишь в поверхностном слое шара. Размеры отпечатков зависят от геометрических размеров, свойств материалов и скорости соударения. Например, при продольном ударе со скоростью 40 м/с шара, изготовленного из шара с твердостью поверхностного слоя HV 150, диаметром 60 мм по закаленному стержню, изготовленному из инструментальной стали У8, диаметром 40 мм получают отпечатки диаметром 8 мм и высотой 0.26 мм. Шар во время работы вращается, поэтому за много циклов он практически не изменяет свою форму, несмотря на упругопластические деформации. Иначе говоря, наклеп осуществляется в материале шара и, в то же время, закаленный торец инструмента-волновода не деформируется.

При ударе шара о стержень и пластических деформациях верхнего слоя шара по достаточно большой контактной площадке импульс растянут во времени при максимально допустимой величине силы, поэтому закаленный торец стержня деформируется в пределах упругости. При

этом потери энергии на пластические деформации составляют для удара стальных шаров по стержням незначительную долю от начальной кинетической энергии. Действительно, приближенно энергия пластических деформаций равна  $E = \frac{1}{2} \sigma S_T \alpha$ ,

где  $S_T$ ,  $\alpha$  - площадь и глубина остаточного кратера. В примере кинетическая энергия бойка равна 800 дж, а энергия пластических деформаций приближенно равна 10 дж, т.е. составляет 1.25 % от начальной кинетической энергии.

Поверхность шара в сотни раз больше контактной поверхности, например, у цилиндрического бойка с таким же радиусом закругления торца, т.к. у последнего участвует в ударном контакте одна и та же площадка, а у шара из-за его принудительного вращения работает весь поверхностный слой, усталостная прочность которой от наклепа повышается.

Соударяясь одним и тем же торцом, цилиндрический боек при упругопластических деформациях в контактной зоне (например, при скорости выше 15 м/с) заметно утолщается у ударного торца и изнашивается существенно быстрее, чем шар, испытывающий удары последовательно от одной площадки к другой. В вышеприведенном примере площадь ударного контакта равна у шара и стержня  $S = \pi 0.4^2 \text{ см}^2$ , однако рабочая поверхность шара  $S = \pi 9 \text{ см}^2$ , т.е. на два порядка больше, чем у цилиндра. Кроме этого, шар из-за закаленной сердцевины и равнозначной вероятности ударов в различных площадях не изменяет свою форму в результате многочисленных ударных циклов.

В тех случаях, где применение шарообразного бойка затруднительно, например, в виде поршня в пневмо- и гидромашине ударного действия, можно сферический боек использовать в качестве ударной части составного бойка. При этом шар после каждого удара принудительно вращается в цилиндрической оболочке. Боек в этом случае состоит из шара, выполненного из упругопластического материала с закаленной сердцевиной, полого цилиндра, головки со сферическим углублением, смещенным относительно линии удара для принудительного поворота шара после каждого удара; демпфера и ствола, в котором движется боек. Демпфер может быть

выполнен в виде набора тарельчатых пружин или в виде стальной губки, изготовленной из спрессованных под давлением стальных пружин, в виде воздушного демпфера и т.п. демпфирующих прокладок. Выполненные таким образом демпферы вполне надежны при многократных ударных нагрузках и достаточно долговечны. Особо важна роль демпфера, если полый цилиндр конструктивно (например, шарнирно) взаимосвязан с разгоняющим боек устройством. В этом случае ударные нагрузки, действующие при ударе на шар, должны заметно гаситься демпфирующим устройством. При этом очевидно, что полезно используется лишь кинетическая энергия удара шара, а все остальные части составного бойка выполняют другие функции. По этой причине желательно массу составных частей бойка по возможности уменьшать для повышения КПД передачи энергии и уменьшения энергии демпфирования. К тому же, при свободном ударе составного бойка расходуется на энергию демпфирования не кинетическая энергия шара, а кинетическая энергия полого цилиндра, т.е. его массу необходимо брать возможно наименьшей. При ударе бойка по инструменту ударная сила  $F_{уд}$  создает момент относительно контактной зоны, который поворачивает шар после каждого удара. Головка сжимает демпфер, который осуществляет затем возвращение шара.

Анализируя работу шарообразных бойков с закаленной сердцевиной и отпущенной поверхностью при повышенных скоростях удара, можно отметить их работоспособность и перспективность применения в машинах ударного действия. В особенности это касается мощных ударных узлов, у которых скорости удара до нескольких десятков метров в секунду, и радиусы шаров от 2–3 см до 5 – 10 см. При больших диаметрах шаров заметно уменьшаются максимальные контактные напряжения относительно наибольших напряжений в стержне-инструменте, что является дополнительным положительным признаком для применения шарообразных бойков для скоростных и мощных ударных узлов. По всей вероятности, такого рода бойки найдут широкое применение и внедрение не только в машинах для испытания изделий на ударные перегрузки, но также в машинах ударного и ударно-поворотного действия: в молотках и механизированных ударных инструментах, в мощных ударно-вращательных буровых

установках, в дорожных и строительных машинах, в навесном оборудовании при разработке мерзлого и скального грунта, разрушении негабаритов, когда требуется большая энергия единичных ударов.

### **Ротационные машины и стенды**

Для испытаний узлов с рекуператорами кинетической энергии бойка необходимы экспериментальные стенды с высокими скоростями удара. Они должны быть конструктивно простыми с минимальным количеством деталей, уравновешены статически и динамически в процессе разгона, с возможно наименьшими центробежными нагрузками на подшипники опор. Как показывает опыт эксплуатации таких стендов, большое количество деталей в узлах заметно уменьшает надежность, долговечность и работоспособность таких динамически нагруженных механизмов.

Одним из основных недостатков существующих машин, стендов и устройств является малая удельная энергия на единицу веса машины и малый диапазон скоростей рабочего органа, т.е. увеличение энергии единичного удара влечет за собой значительное увеличение габаритов и веса, а также связанные с этим конструктивные и технологические трудности.

Важнейшим требованием, предъявляемым к стендам и установкам для исследований процессов и испытаний на механические перегрузки, является также воспроизводимость, достоверность и возможность сопоставления результатов.

Например, резиновые и пружинные ускорители бойков помимо громоздкости и сложности конструкции обладают следующими недостатками: копры с резиновыми или пружинными ускорителями не дают стабильности и воспроизводимости заданных параметров из-за сравнительно быстрого снижения их первоначальных упругих свойств.

Установки с использованием энергии сжатого воздуха отличаются сложностью точной регулировки скорости, более низкой воспроизводимостью, связанной с переменными потерями в магистральных, дросселях, клапанах, наличием вспомогательного оборудования (баллонов, компрессоров), и имеют низкую производительность. Подобные установки громоздки, требуют высококачественной обработки узлов и деталей для обеспечения герметичности сжатого воздуха.

Эти недостатки отсутствуют у ротационных машин. Применение принципа накопления кинетической энергии на большом пути во время разгона рабочего органа (за несколько сот или тысяч оборотов) с защитой корпуса машины от ударных воздействий дает ряд преимуществ перед машинами с другими способами аккумуляции энергии.

Применение такого рода машин существенно расширяет верхнюю границу диапазона скоростей активного органа – бойка, которая может достигать нескольких сот метров в секунду. Большим преимуществом является возможность плавного регулирования скорости, причем любое значение скорости внутри диапазона может быть легко воспроизведено вновь. Высокая производительность установок такого типа обусловлена также питанием от сети электрического тока, что обеспечивает постоянную готовность к работе.

Значительно уменьшаются габариты и вес. Простота управления машиной уменьшает стоимость ее эксплуатации и дает возможность автоматической регулировки требуемой скорости и энергии удара в широком диапазоне за счет изменения частоты ударов и угловой скорости оборотов разгоняющегося устройства.

Так, например, для получения скорости порядка 40 м/с необходим вертикальный стенд – вышка высотой 80 м, в то же время ротационная машина, разгоняющая бойки (или изделия) до такой же скорости, имеет габариты: радиус вращения бойков  $r_{бр} = 128$  мм при скорости  $n = 3000$  об/мин.

Ротационная машина является своего рода накопителем кинетической энергии рабочего органа по круговой траектории, поэтому, применяя маломощные и малогабаритные двигатели, можно достичь на большом пути разгона значительных скоростей и энергий.

### **Стенды с торможением ротора и свободным метанием бойка**

На рисунке 1 показана принципиальная схема стенда, вид сверху, т.е. вращение ротора 9 в горизонтальной плоскости. Бойки 1 в держателях 2, достигнув необходимой угловой скорости, вылетают из них, т.к. держатели 2 тормозятся устройством 3 или срабатывают в определенной зоне (на пути устройства 3) кулачки ротора 3, отпуская связь 7, и внешняя часть держателей 2 тормозится за счет прижатия центробежными силами о корпус 8. Шарообразные бойки 1 по

инерции вылетают в приемное устройство 4, ударяясь о волновод 5 и проваливаясь после отскока в отверстие 6 [8]. Чтобы бойки не попали после отскока от волновода в разгонное устройство, предусмотрено специальное приемное устройство, исключающее попадание шаров в зону разгона [9].

Устройство 3 может быть выполнено в нескольких вариантах. Один из них – это электромагниты, которые включаются после набора необходимой угловой скорости ротором 9. При этом электромагнит 3 взаимодействует только с полем держателя 2, который может быть выполнен из ферромагнитной стали без или с витками катушки, включаемой одновременно с электромагнитом 3 в момент торможения. Причем, если держатель 2 выполнен с катушкой, то вектор электромагнитного поля этой катушки направлен против вектора электромагнита 3.

В другом варианте устройство 3 выполнено в виде тормозных колодок, которые выдвигаются из корпуса 8 и тормозят в нужный момент времени при достижении ротором 9 необходимой угловой скорости держателя 2. При этом бойки 1 по инерции вылетают в приемное устройство 4.

Для того, чтобы шар-боек успел отделиться от держателя бойка на пути торможения колодок, необходимо за время торможения  $t$  и путь торможения  $l$  держателю

бойка отстать от шара на расстояние  $\Delta l$ , где  $\Delta l$  – минимальное расстояние обгона бойком держателя для высвобождения от центростремительной силы. При этом средняя сила торможения держателя о тормозные колодки равна:  $F_{\text{тб}} = m \frac{\Delta V}{t}$ ,  $m$  – масса держателя;  $\Delta V = V_0 - V_1$ ;  $V_1$  – скорость держателя в конце тормозного пути,  $V_0$  – начальная скорость торможения при действии усредненной и постоянной тормозной силы можно записать:

$$F_{\text{сп}} = \frac{2m}{t} \Delta l = \frac{2m}{l^2} \Delta l V_0^2. \quad (1)$$

Из (1) видно, что для уменьшения тормозной силы  $F_{\text{сп}}$  необходимо уменьшать массу держателя  $m$  и конструктивную ступеньку  $\Delta l$ , увеличивая по возможности путь торможения  $l$ .

С другой стороны, для лучшего попадания шара в конусы путь торможения необходимо брать как можно меньше, чтобы была строго определенная зона вылета. При разгоне центробежные силы шаров уравнивают друг друга, свободный и симметричный вылет шаров из держателей предохраняет двигатель и подшипники от напряжений при ударе шара с волноводом.

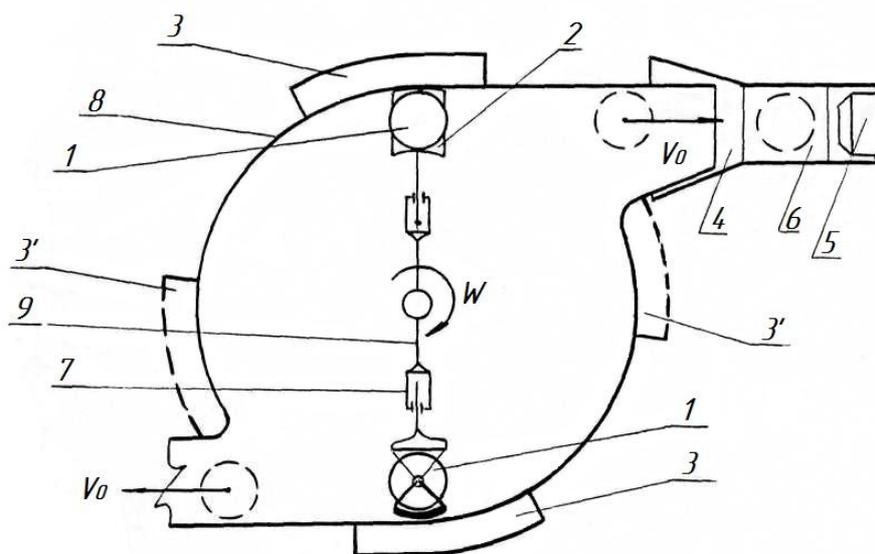


Рис. 1. Схема ротационного стенда. 1-бойки; 2-держатель; 3-тормозное устройство; 4-приемное устройство; 5-волновод; 6- отверстие волновода; 7-связь; 8-корпус; 9-ротор

### Заключение

Ротационные ударные машины позволяют накопить достаточную кинетическую энергию на большом угловом пути без значительного увеличения веса и габаритов и обеспечить широкий диапазон изменений скоростей и энергий удара. Такого типа машины позволяют проводить исследования в лабораторных условиях при повышенных скоростях и энергиях, а также использовать их в качестве мощного молота в строительных, дорожных, горных работах.

### Библиографический список

1. Тарасов, В.Н. Теория удара в теоретической механике и ее приложение в строительстве / В.Н. Тарасов, Г.Н. Бояркин. – Омск: издательство ОмГТУ, 1999. – 120 с.
2. Галдин, Н.С. Оптимизационный синтез основных параметров гидравлических импульсных систем строительных машин / Н.С. Галдин, В.Н. Галдин, Н.Н. Егорова // Вестник СибАДИ. – 2013. – №6 (34). – С. 73-77.
3. Щербаков, В.С. Основные показатели гидравлических импульсных систем строительных машин / В.С. Щербаков, В.Н. Галдин // Вестник СибАДИ. – 2013. – №1 (29). – С.47-51.
4. Щербаков, В.С. Моделирование активных рабочих органов для разрушения грунта/ В.С. Щербаков, В.Н. Галдин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Том 7.№3. – С. 132-134.
5. Алимов, О.Д. Гидравлические виброударные системы / О.Д. Алимов, С.А. Басов. – М.: Наука, 1990. – 352 с.
6. А.с. 480831 СССР, Е 21С 3/16 Машина ударного действия / Б.Н. Стихановский, Н.П. Ряшенцев – №1910742/22-3; заявл.17.04.73; опубл. 15.08.75, Бюл.№30. – 2 с.
7. А.с. 1045041 СССР, G 01 M 7/ 00. Устройство для ударных испытаний изделий / Б.Н. Стихановский – №3448940/25-28; заявл.08.06.82; опубл. 30.09.83, Бюл.№36. – 3 с.
8. А.с. 616543 СССР G 01 M 7/ 00 Копер для ударных испытаний / Б.Н. Стихановский, В.Н. Евграфов. – №2081711/25-28; заявл.08.12.77; опубл. 25.07.78, Бюл.№27 – 3 с.
9. А.с. 713681 СССР В 25 D 15/02 Приемное устройство / Б.Н. Стихановский, В.М. Залмансон. – №2483450/29-28; заявл. 28.04.77; опубл.05.0280, Бюл №5 – 2 с.

### BUILDING AND ROAD MACHINES WITH HEAT RECOVERY OF KINETIC ENERGY

B.N. Stickhanovskiy, L.M. Stickhanovskaya

**Abstract.** In the article the question of the need to use in the construction and road vehicles used for the destruction of solids and frozen ground, the kinetic energy storage. Application of the kinetic energy storage principle in a big way

during the working body acceleration to the protection of the machine body from knocks gives a number of advantages over machines with other methods of energy storage. Their main nih expansion of the upper limit of the striker speed range up to several hundred meters per second, the increase in energy density per unit weight of the machine, which significantly reduces the energy consumption of processes, the ability to smooth speed control, reduction of weight and dimensions. An example of copra testing for pins with high impact energy to disperse them in a large angular path.

**Keywords:** heat exchanger, the drummer, the impact speed, high energy.

### References

1. Tarasov V.N., Bojarkin G.N. *Teorija udara v teoreticheskoj mehanike i ee prilozhenie v stroitel'stve* [Impact theory in theoretical mechanics and its application in the construction]. Омск: izdatel'stvo OmGTU, 1999. 120 p.
2. Galdin N.S., Galdin V.N., Egorova N.N. *Optimizacionnyj sintez osnovnyh parametrov gidravlicheskih impul'snyh sistem stroitel'nyh mashin* [Optimization synthesis of the basic parameters of hydraulic pulse systems construction machinery]. *Vestnik SibADI*, 2013, no 6 (34). pp.73-77.
3. Shherbakov V.S., Galdin V.N. *Osnovnye pokazateli gidravlicheskih impul'snyh sistem stroitel'nyh mashin* [Key indicators of hydraulic pulse systems of construction machinery]. *Vestnik SibADI*, 2013, no1 (29). pp. 47-51.
4. Shherbakov V.S., Galdin V.N. *Modelirovanie aktivnyh rabochih organov dlja razrushenija grunta* [Simulation active working for the destruction of the soil]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, 2011, 7.no 3. pp. 132-134.
5. Alimov O.D., Basov S.A. *Gidravlicheskie vibroudarnye sistemy* [Hydraulic vibroimpact systems]. Moscow, Nauka, 1990. 352 p.
6. Stihanovskij B.N., Rjashencev N.P. *Mashina udarnogo dejstvija* [Machine Impact]. no 1910742/22-3.
7. Stickhanovskiy B.N. *Ustrojstvo dlja udarnyh ispytanij izdelij* [An apparatus for impact testing products]. no 3448940/25-28.
8. Stihanovskij B.N., Evgrafov V.N. *Koper dlja udarnyh ispytanij* [Koper impact test]. no 2081711/25-28.
9. Stihanovskij B.N., Zalmanson V.M. *Priemnoe ustrojstvo* [Receiving device]. no 2483450/29-28.

*Стихановский Борис Николаевич (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС) (644046, г. Омск, Карла Маркса просп., 35, e-mail: bstish@mail.ru).*

*Стихановская Любовь Михайловна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080 г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: dekanat\_isu@sibadi.org).*

*Stikhanovsky Boris Nikolaevich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of Omsk state university of means of communication (644046, Omsk, Karl Marx Avenue, 35, e-mail:bstish@mail.ru).*

*Stikhanovskaya Lyubov Mikhaelovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080 Omsk, Mira Ave. 5, e-mail:dekanat\_isu@sibadi.org).*

УДК 621.86

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МОСТОВОГО КРАНА С РЕЛЕЙНЫМИ ПРИВОДАМИ МОСТА И ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКИ

В.С. Щербаков, М.С. Корытов, Е.О. Шершнева  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** Приводится алгоритм моделирования рабочего процесса мостового крана с учетом динамических параметров приводов моста и грузовой тележки, имеющих управления релейного типа. Приводятся результаты исследования влияния параметров приводов мостового крана на точность перемещения груза по заданной траектории в трехмерном пространстве, конечную линейную скорость движения груза, число включений приводов. Полученные математические модели открывают возможность синтеза параметров приводов мостового крана по заданным предельным значениям точности перемещений, числа включений приводов и др.

**Ключевые слова:** мостовой кран, привод, управление релейного типа, точность, число включений, груз, гашение колебаний.

#### Введение

Для мостового крана (МК) с канатным нежестким подвесом груза существенной проблемой являются возникающие пространственные неуправляемые колебания груза, которые снижают производительность и точность работ, выполняемых МК. Одним из эффективных способов устранения данной проблемы без использования дополнительных механических устройств и без усложнения конструкции МК является оптимизация процесса управления механизмами приводов моста и тележки [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Для синтеза квазиоптимальной траектории перемещения точки подвеса груза на грузовой тележке, обеспечивающей движение груза по заданной траектории без раскачивания, может быть использовано пропорционально-интегрально-дифференциальное (ПИД) управление независимо по двум управляемым координатам груза в горизонтальной плоскости  $X_{ГР}$  и  $Z_{ГР}$  моста и грузовой тележки [7, 8, 9, 10].

**Алгоритм моделирования рабочего процесса мостового крана с учетом динамических параметров приводов моста и грузовой тележки, имеющих управления релейного типа**

Укрупненная блок-схема алгоритма моделирования рабочего процесса МК с

учетом динамических параметров приводов моста и грузовой тележки, имеющих управления релейного типа, состоящая из трех вычислительных этапов, приведена на рисунке 1.

Были приняты допущения о том, что: 1) влияние массы груза на ускорения точки подвеса пренебрежимо мало; 2) ускорения моста и грузовой тележки при разгоне, движении с постоянной скоростью и торможении МК с приводами, имеющими управления релейного типа (при моделировании рабочего процесса реального МК), в каждый момент времени принимали дискретные значения из рядов  $[a_1; 0; -a_1]$  для моста и  $[a_2; 0; -a_2]$  для грузовой тележки соответственно; 3) переключения реле приводов моста и грузовой тележки происходили по логическим сигналам  $i_{упр1}$ ,  $i_{упр2}$  (принимая значения  $[1; 0; -1]$ , соответствующие командам на движение в прямом направлении, остановку и движение в обратном направлении соответственно) мгновенно и без запаздывания.

Значения скоростей движения моста и грузовой тележки МК при этом непрерывно бесступенчато изменялись в пределах  $[V_{max1}; -V_{max1}]$  для моста и  $[V_{max2}; -V_{max2}]$  для грузовой тележки соответственно.



Рис. 1. Блок-схема алгоритма моделирования рабочего процесса мостового крана с учетом динамических параметров приводов, имеющих управления релейного типа

Согласно принятым допущениям с использованием блоков пакета SimMechanics Second Generation системы MATLAB была разработана Simulink-модель механической системы мостового крана с «идеальными» бесступенчатыми приводами без учета динамических свойств реальных приводов, имеющих управления релейного типа. Данная Simulink-модель с ПИД-регуляторами непрерывного типа позволяет на первом этапе моделирования получить «идеальные», требуемые для максимально точного обеспечения заданного перемещения груза, перемещения точки подвеса ( $X_{П TP}$ ,  $Z_{П TP}$ ) [8, 9, 10].

Указанные параметры сохраняются в рабочей области MATLAB в виде временных зависимостей  $X_{П TP}(t)$ ,  $Z_{П TP}(t)$ .

Моделировался, в качестве примера, имеющего широкое практическое применение, процесс обхода грузом единичного препятствия типа «стена» по сглаженной траектории, задаваемой по горизонтальным координатам  $X_0$ ,  $Z_0$  пространства в неподвижной декартовой системе координат  $O_0X_0Y_0Z_0$  сигмоидальными

(логистическими) временными функциями [8, 9, 10, 11].

Условное время перемещения точки подвеса груза  $t_{П}$ , которое входит в пределы  $t_{П}=1,33333 \cdot t_{ГР}$ , где  $t_{ГР}$  – условное время перемещения груза, при проведении серии описываемых экспериментов принимало фиксированное значение  $t_{П}=30$  с. При этом имеет место обратная зависимость  $t_{ГР}=0,75 \cdot t_{П}$ .

Пропорциональный коэффициент, интегральная и дифференциальная постоянные времени ПИД-регуляторов системы управления приводами перемещения моста и тележки в рассматриваемой серии экспериментов принимали значения:  $P=20$ ;  $I=5$ ;  $D=5$  соответственно.

Прочие значимые параметры рабочего процесса и МК принимали значения: приведенные коэффициенты демпфирования по угловым координатам отклонений грузового каната от вертикали в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях – 100 Н·м·с/рад; длина грузового каната МК 12 м; величина требуемого перемещения груза

вдоль оси  $O_0X_0$  – 10 м; величина бокового смещения для обхода препятствия вдоль оси  $O_0Z_0$  – 5 м; масса моста МК – 3500 кг; масса грузовой тележки МК – 1250 кг; масса перемещаемого груза – 100 кг.

На втором этапе моделирования для учета динамических свойств приводов моста и грузовой тележки МК, для определения их влияния на точность перемещения точки подвеса и груза, а также для определения зависимостей входных управляющих сигналов, поступающих на приводы, выполнялся синтез таких управляющих

воздействий на приводы, которые обеспечивали бы максимальное приближение траектории перемещения точки подвеса к требуемой  $X_{ПТР}(t)$ ,  $Z_{ПТР}(t)$ . Для этого использовалась разработанная имитационная модель автоматической обработки заданной сглаженной траектории релейными приводами МК (рис. 2), позволяющая изучать разгон подвижных звеньев МК до максимальных скоростей с постоянными ускорениями а также их торможения (рис. 3).

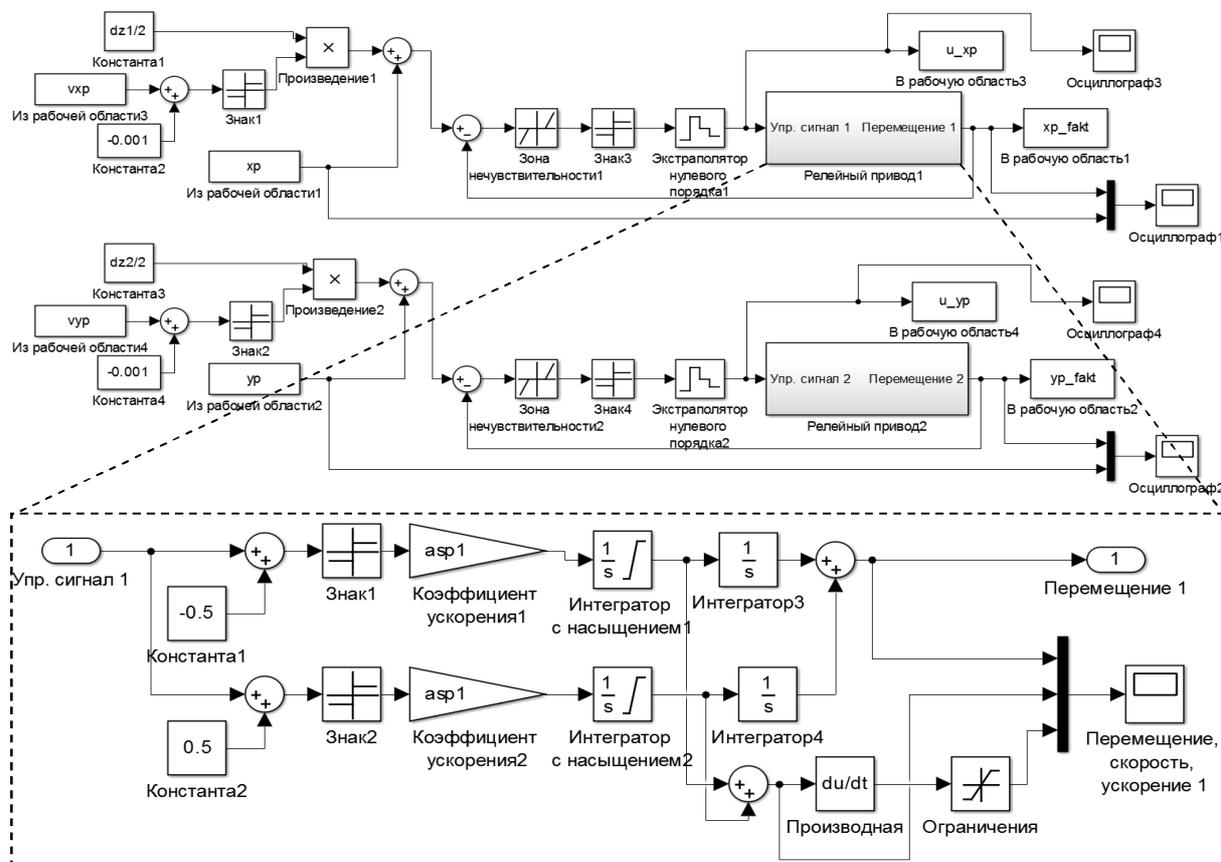


Рис. 2. Имитационная модель автоматической обработки заданной траектории релейными приводами мостового крана в обозначениях Simulink (2 этап моделирования)

В качестве параметров данной модели, характеризующих динамические свойства приводов, выступали:  $a_1$ ,  $a_2$  – постоянные ускорения разгона и торможения моста и грузовой тележки соответственно;  $V_{max1}$ ,  $V_{max2}$  – максимальные скорости движения моста и грузовой тележки соответственно;  $dn_1$ ,  $dn_2$  – значения ширины зон нечувствительности по координатам движения моста и грузовой тележки соответственно;  $dt_{непр1}$ ,  $dt_{непр2}$  – минимальное время неизменного положения реле приводов моста и грузовой тележки соответственно (минимальное время

постоянных, неизменяемых значений управляющего логического сигнала  $i_{упр}$ ).

Использование указанных параметров позволяет с достаточной для практических целей степенью приближения описать реальный привод.

Особенностью релейного привода является дискретность управляющего (логического) сигнала, соответствующего положениям (включениям) релейного элемента на перемещение звена в положительном направлении, на перемещение звена в

отрицательном направлении и на остановку звена.

Согласно принятым допущениям, уравнения, описывающие алгоритм автоматической отработки заданной сглаженной траектории релейными приводами МК, будут иметь вид, приведенный ниже.

Сигналы на входе блоков зон нечувствительности (см. рис. 2) по координатам  $X$  и  $Z$  будут определяться согласно зависимостям:

$$U_X(t) = \text{sgn}(\dot{X}_{\text{ПТР}}(t)) \cdot d_{n1}/2 + X_{\text{ПТР}}(t) - X_{\text{П}}(t); \quad (1)$$

$$U_Z(t) = \text{sgn}(\dot{Z}_{\text{ПТР}}(t)) \cdot d_{n2}/2 + Z_{\text{ПТР}}(t) - Z_{\text{П}}(t), \quad (2)$$

где  $X_{\text{ПТР}}(t)$ ,  $Z_{\text{ПТР}}(t)$  – требуемые значения координат подвеса  $X$  и  $Z$ , полученные на первом этапе моделирования;  $\dot{X}_{\text{ПТР}}$ ,  $\dot{Z}_{\text{ПТР}}$  – требуемые значения скоростей подвеса, полученные на первом этапе моделирования;  $d_{n1}$ ,  $d_{n2}$  – значения ширины зон нечувствительности по координатам соответствия моста и грузовой тележки соответственно;  $X_{\text{П}}(t)$ ,  $Z_{\text{П}}(t)$  – фактические значения координат подвеса по  $X$  и  $Z$ , полученные в момент времени  $t$  измерением виртуальными осциллографами на втором этапе моделирования.

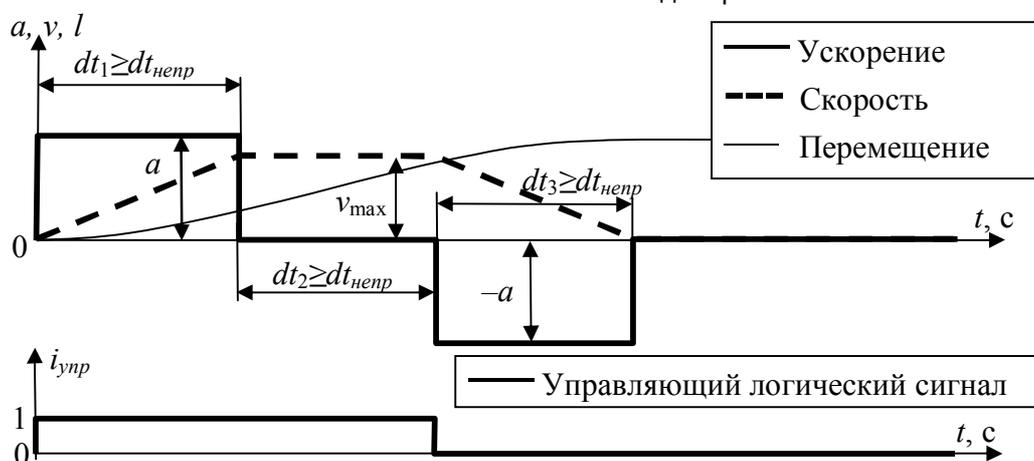


Рис. 3. Пример траектории, полученной при разгоне и торможении подвижного звена мостового крана до максимальной скорости  $v_{\text{max}}$  с постоянным ускорением  $a$

Блоки зон нечувствительности по координатам дают на выходе линейную зависимость выходного сигнала от входного

(с вычетом соответствующего порога) везде, за исключением зоны нечувствительности (мертвой зоны):

$$DZ_{\text{OutX}} = \begin{cases} 0 & \text{нпу } (U_X \geq -dn_1/2) \wedge (U_X \leq dn_1/2); \\ U_X - dn_1/2 & \text{нпу } (U_X > dn_1/2); \\ U_X + dn_1/2 & \text{нпу } (U_X < -dn_1/2); \end{cases} \quad (3)$$

$$DZ_{\text{OutZ}} = \begin{cases} 0 & \text{нпу } (U_Z \geq -dn_2/2) \wedge (U_Z \leq dn_2/2); \\ U_Z - dn_2/2 & \text{нпу } (U_Z > dn_2/2); \\ U_Z + dn_2/2 & \text{нпу } (U_Z < -dn_2/2). \end{cases} \quad (4)$$

Далее значения знаков величин  $DZ_{\text{OutX}}$  и  $DZ_{\text{OutZ}}$ :

$$U_{\text{ZohX}} = \text{sgn}(DZ_{\text{OutX}}); U_{\text{ZohZ}} = \text{sgn}(DZ_{\text{OutZ}}), \quad (5)$$

полученных по (3), (4), подаются на входы блоков экстраполяторов нулевого порядка (Zero-Order Hold) Simulink, значения

эталонного времени которых равны  $dt_{\text{непр1}}$  и  $dt_{\text{непр2}}$  соответственно.

Блоки Zero-Order Hold задерживают выходной сигнал на заданный промежуток времени  $dt_{\text{непр1}}$  или  $dt_{\text{непр2}}$  и оставляют неизменными значения выходного сигнала на каждом такте дискретизации:

$$i_{y_{np1}}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} U_{ZohX}(n \cdot dt_{неп1}) \cdot \text{rect} \left( \frac{t - n \cdot dt_{неп1}}{dt_{неп1}} - \frac{1}{2} \right); \quad (6)$$

$$i_{y_{np2}}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} U_{ZohZ}(n \cdot dt_{неп2}) \cdot \text{rect} \left( \frac{t - n \cdot dt_{неп2}}{dt_{неп2}} - \frac{1}{2} \right), \quad (7)$$

где  $\text{rect}$  – прямоугольная функция.

В результате, по (6), (7) на выходах блоков Zero-Order Hold формируются значения управляющих (логических) сигналов приводов  $i_{y_{np1}}$ ,  $i_{y_{np2}}$ .

**Описание модели привода**

Перемещение приводов описывается системой кинематических уравнений. Движение в соответствии с принятыми допущениями делится на три различных участка согласно значениям ускорения и скорости. Для каждого из трех участков характерны собственные уравнения ускорений  $a$ , скоростей  $v$  и координат перемещений  $X$  и  $Z$ :

1. Движение с положительным/отрицательным постоянным ускорением и переменной скоростью (два участка):

$$a_1(t) = \pm a_1; \quad v_1(t) = v_{10} \pm a_1 \cdot t;$$

$$X_{II}(t) = X_{II0} + v_{10} \cdot t \pm \frac{1}{2} a_1 \cdot t^2; \quad (8)$$

$$a_2(t) = \pm a_2; \quad v_2(t) = v_{20} \pm a_2 \cdot t;$$

$$Z_{II}(t) = Z_{II0} + v_{20} \cdot t \pm \frac{1}{2} a_2 \cdot t^2, \quad (9)$$

$$\text{Integr}_{OutX1} = \begin{cases} v_{\max 1} & npu \left( \int (\text{sgn}(i_{y_{np1}}(t) - 0,5) \cdot a_1) dt \right) > v_{\max 1}; \\ \int (\text{sgn}(i_{y_{np1}}(t) - 0,5) \cdot a_1) dt & npu \ 0 \leq \left( \int (\text{sgn}(i_{y_{np1}}(t) - 0,5) \cdot a_1) dt \right) \leq v_{\max 1}; \\ 0 & npu \left( \int (\text{sgn}(i_{y_{np1}}(t) - 0,5) \cdot a_1) dt \right) < 0; \end{cases} \quad (14)$$

$$\text{Integr}_{OutX2} = \begin{cases} 0 & npu \left( \int (\text{sgn}(i_{y_{np1}}(t) + 0,5) \cdot a_1) dt \right) > 0; \\ \int (\text{sgn}(i_{y_{np1}}(t) + 0,5) \cdot a_1) dt & npu \ -v_{\max 1} \leq \left( \int (\text{sgn}(i_{y_{np1}}(t) + 0,5) \cdot a_1) dt \right) \leq 0; \\ -v_{\max 1} & npu \left( \int (\text{sgn}(i_{y_{np1}}(t) + 0,5) \cdot a_1) dt \right) < -v_{\max 1}. \end{cases} \quad (15)$$

На выходах двух расположенных параллельно блоков интеграторов с

$$\text{Integr}_{OutZ1} = \begin{cases} v_{\max 2} & npu \left( \int (\text{sgn}(i_{y_{np2}}(t) - 0,5) \cdot a_2) dt \right) > v_{\max 2}; \\ \int (\text{sgn}(i_{y_{np2}}(t) - 0,5) \cdot a_2) dt & npu \ 0 \leq \left( \int (\text{sgn}(i_{y_{np2}}(t) - 0,5) \cdot a_2) dt \right) \leq v_{\max 2}; \\ 0 & npu \left( \int (\text{sgn}(i_{y_{np2}}(t) - 0,5) \cdot a_2) dt \right) < 0; \end{cases} \quad (16)$$

где  $v_{10}$ ,  $v_{20}$ ,  $X_{II0}$ ,  $Z_{II0}$  – скорости и координаты на участке движения в начальный момент времени.

2. Движение с нулевым ускорением и постоянной скоростью (один участок):

$$a_1(t) = 0; \quad v_1(t) = \pm v_{\max 1};$$

$$X_{II}(t) = X_{II0} \pm v_{\max 1} \cdot t; \quad (10)$$

$$a_2(t) = 0; \quad v_2(t) = \pm v_{\max 2};$$

$$Z_{II}(t) = Z_{II0} \pm v_{\max 2} \cdot t. \quad (11)$$

Переход от уравнений (8), (9) к уравнениям (10), (11), осуществляется по условиям

$$\left( (v_1(t) \geq v_{\max 1}) \wedge (i_{y_{np1}} > 0) \right) \vee \left( (v_1(t) \leq -v_{\max 1}) \wedge (i_{y_{np1}} < 0) \right); \quad (12)$$

$$\left( (v_2(t) \geq v_{\max 2}) \wedge (i_{y_{np2}} > 0) \right) \vee \left( (v_2(t) \leq -v_{\max 2}) \wedge (i_{y_{np2}} < 0) \right). \quad (13)$$

Значения сигналов на выходах двух расположенных параллельно блоков интеграторов с насыщением (интеграторов с верхним и нижним уровнями ограничения выходного сигнала) для привода моста МК (координаты  $X$ ) будут определяться выражениями

насыщением для привода грузовой тележки МК (координаты  $Z$ ):

$$Integr_{OutZ2} = \begin{cases} 0 & npu \left( \int (\operatorname{sgn}(i_{ynp2}(t)+0,5) \cdot a_2) dt \right) > 0; \\ \int (\operatorname{sgn}(i_{ynp2}(t)+0,5) \cdot a_2) dt & npu -v_{\max 2} \leq \left( \int (\operatorname{sgn}(i_{ynp2}(t)+0,5) \cdot a_2) dt \right) \leq 0; \\ -v_{\max 2} & npu \left( \int (\operatorname{sgn}(i_{ynp2}(t)+0,5) \cdot a_2) dt \right) < -v_{\max 2}. \end{cases} \quad (17)$$

Далее в модели каждого из двух приводов значения сигналов  $Integr_{OutX1}$ ,  $Integr_{OutX2}$ ,  $Integr_{OutZ1}$ ,  $Integr_{OutZ2}$ , повторно интегрируются каждый по отдельности, а затем попарно суммируются. В результате формируются искомые действительные (фактические) значения координат приводов:

$$X_{II}(t) = \int (Integr_{OutX1}(t)) dt + \int (Integr_{OutX2}(t)) dt; \quad (18)$$

$$Z_{II}(t) = \int (Integr_{OutZ1}(t)) dt + \int (Integr_{OutZ2}(t)) dt. \quad (19)$$

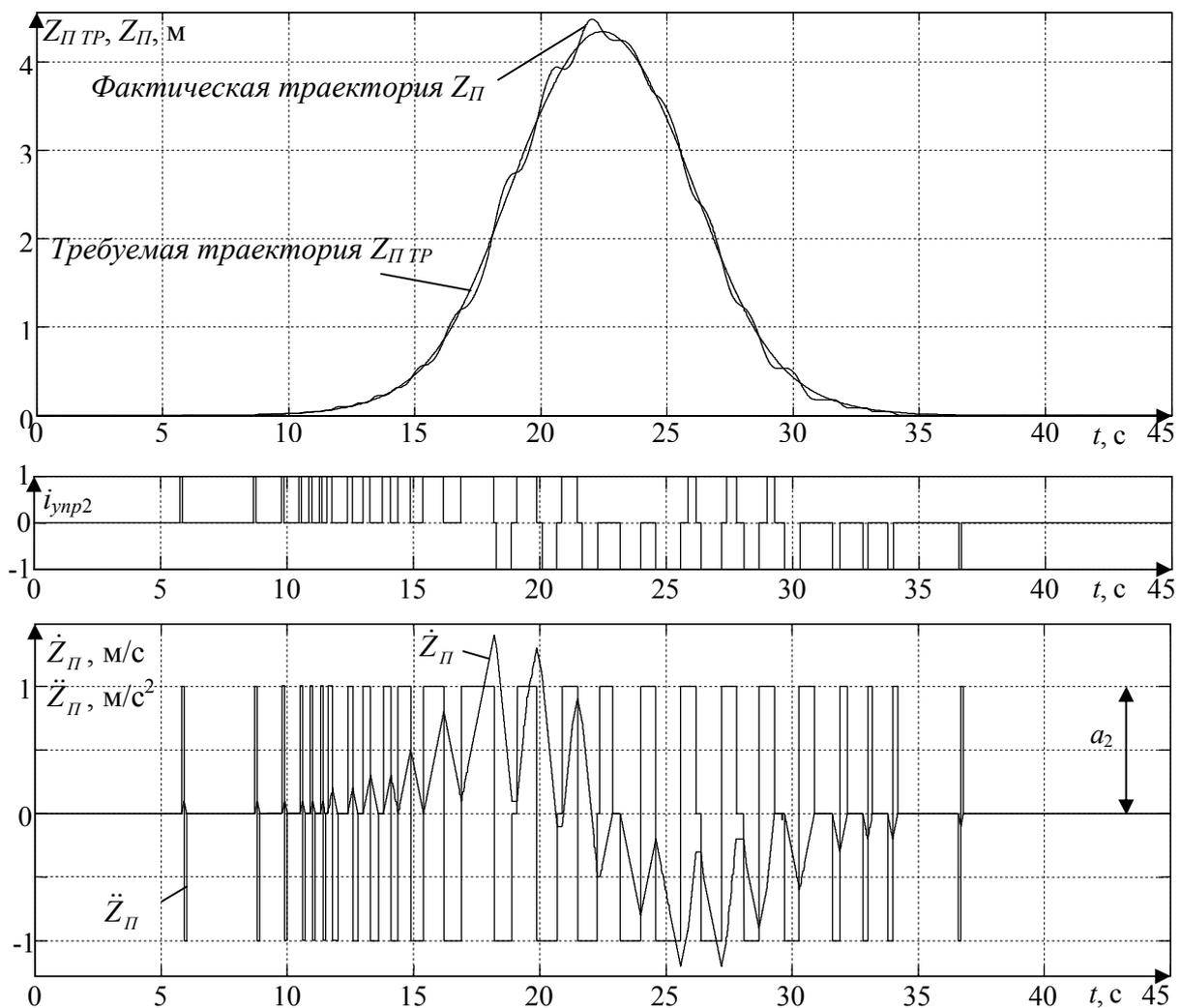


Рис. 4. Временные зависимости заданной  $Z_{II TP}$  и фактической  $Z_{II}$  координат перемещения грузовой тележки, синтезированного управляющего сигнала на привод грузовой тележки  $i_{ynp2}$ , а также ускорений и скоростей тележки  $\dot{Z}_{II}$ ,  $\ddot{Z}_{II}$  при отработке заданной траектории (пример)

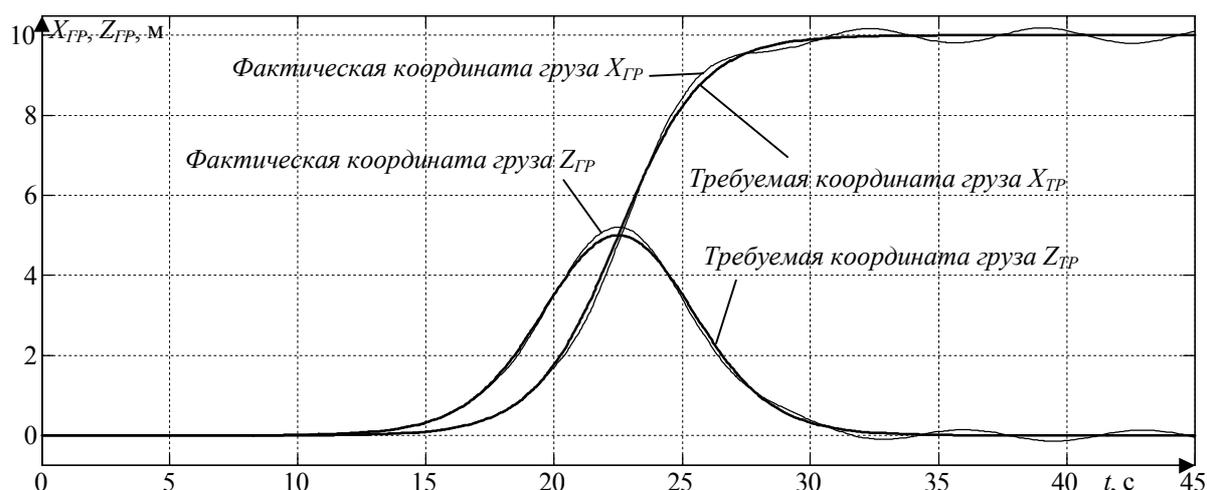


Рис. 5. Требуемые и фактические координаты перемещения груза (пример)

На основании текущих значений действительных координат приводов  $X_{П}(t)$ ,  $Z_{П}(t)$ , а также требуемых координат  $X_{П\ TR}(t)$ ,  $Z_{П\ TR}(t)$ , формируются управляющие воздействия для автоматической отработки заданной сглаженной траектории релейными приводами МК по (1)-(7).

Для требуемой траектории подвеса  $\{Z_{П\ TR}\}$  в качестве примера на рис. 4 приведены временные зависимости заданных и фактических координат перемещений грузовой тележки, управляющих сигналов на привод грузовой тележки, а также ускорений и скоростей движения грузовой тележки при отработке заданной траектории.

Графики получены при значениях параметров моделей формирования управляющих сигналов  $dn_1=0,1$  м,  $dt_{непр1}=0,1$  с,  $dn_2=0,1$  м,  $dt_{непр2}=0,1$  с, и моделей приводов моста  $a_1=1$  м/с<sup>2</sup>,  $v_{max1}=1,5$  м/с и грузовой тележки  $a_2=1$  м/с<sup>2</sup>,  $v_{max2}=1,5$  м/с.

На рис. 5 приводятся фактические координаты перемещения груза для рассматриваемого примера.

#### Выводы

Изменение параметров моделей приводов моста  $a_1$ ,  $v_{max1}$ ,  $dn_1$ ,  $dt_{непр1}$  и грузовой тележки  $a_2$ ,  $v_{max2}$ ,  $dn_2$ ,  $dt_{непр2}$  существенно влияет на показатели, характеризующие процесс перемещения груза мостовым краном.

Так, например, увеличение в цикле  $i$  из 4-х итераций параметров ширин зон нечувствительности  $dn_1=dn_2=[0,05; 0,1; 0,15; 0,2]$  с одновременным увеличением времени неизменного положения реле приводов моста и грузовой тележки  $dt_{непр1}=dt_{непр2}=[0,05; 0,1; 0,15; 0,2]$  ( $i=[1;4]$ ) приводит к уменьшению

числа включений приводов  $n_{вкл1}$  с 42 до 12 и  $n_{вкл2}$  с 51 до 20. Остальные параметры математических моделей при изменении  $dn_1=dn_2=dt_{непр1}=dt_{непр2}$  принимали фиксированные приведенные выше значения.

При увеличении ширин зон нечувствительности с одновременным увеличением времени неизменного положения реле приводов погрешность реализации траектории и конечная линейная скорость движения груза существенно, в несколько раз, возрастают.

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод о том, что изменение параметров релейных приводов мостового крана оказывает существенное влияние на точность перемещения груза по заданной траектории в трехмерном пространстве, конечную линейную скорость движения груза, число включений приводов. Полученные математические модели открывают возможность синтеза параметров приводов мостового крана по заданным предельным значениям точности перемещений, числу включений приводов и др.

#### Библиографический список

1. Blackburn D., Singhoose W., Kitchen J., Patrangenaru V., Lawrence J. Command Shaping for Nonlinear Crane Dynamics // Journal of Vibration and Control. – 2010. – № 16. – pp. 477-501.
2. Щедринов, А.В. Автоматическая система успокоения колебаний груза для мостового крана / А.В. Щедринов, С.А. Сериков, В.В. Колмыков // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2007. – № 8. – С. 13-17.
3. Толочко, О.И. Сравнительный анализ методов гашения колебаний груза, подвешенного к механизму поступательного движения мостового крана / О.И. Толочко, Д.В. Бажутин //

Электромашиностроение и электрооборудование. – 2010. – № 75. – С. 22-28.

4. Omar, H.M. Control of gantry and tower cranes: PhD Dissertation / H.M. Omar. – Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia. 2003.

5. Abdel-Rahman, E.M., Nayfeh, A.H., Masoud, Z.N. Dynamics and control of cranes: a review. *Journal of Vibration and Control*. – № 9. – 2003. – pp. 863-908.

6. Fang Y., Dixon W.E., Dawson D.M. and E. Zergeroglu. Nonlinear coupling control laws for an underactuated overhead crane system. *IEEE/ASME Trans. Mechatronics*, Vol. 8, No. 3, 2003. – pp. 418-423.

7. Денисенко, В.В. Разновидности ПИД-регуляторов / В.В. Денисенко // Автоматизация в промышленности. – 2007. – № 6. – С. 45-50.

8. Shcherbakov, V. Mathematical modeling of process moving cargo by overhead crane / V. Shcherbakov, M. Korytov, R. Sukharev, E. Volf // *Applied Mechanics and Materials*. Vols. 701-702 (2015). pp. 715-720.

9. Korytov M.S., Shcherbakov V.S., Volf E.O., «Impact sigmoidal cargo movement paths on the efficiency of bridge cranes», *International Journal of Mechanics and Control*, ISSN: 1590-8844, Vol. 16, No. 02, 2015, pp. 3-8.

10. Shcherbakov V.S., Korytov M.S., Volf E.O., «Reduction of the drive acceleration of bridge cranes through judicious choice of the load trajectory moving», *Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics*, ISSN: 1820-6530, Vol. 9, No.1, 2015, pp. 57-64.

11. Mitchell, Tom M. *Machine Learning*. – WCB/McGraw-Hill, 1997. – 414 p.

### MATHEMATICAL MODELLING OF WORKING PROCESS OF THE BRIDGE CRANE WITH RELAY DRIVES OF THE BRIDGE AND CARGO CART

V.S. Scherbakov, M. S. Korytov, E.O. Shershneva

**Abstract.** The algorithm of modelling of working process of the bridge crane taking into account dynamic parameters of drives of the bridge and the cargo cart, having managements of relay type is resulted. Results of research of influence of parameters of drives of the bridge crane on accuracy of moving of cargo on the set trajectory in three-dimensional space, final linear speed of movement of cargo, number of inclusions of drives are resulted. The received mathematical models open possibility of synthesis of parameters of drives of the bridge crane on the set limiting values of accuracy of movings, numbers of inclusions of drives, etc.

**Keywords:** The bridge crane, drive, management of relay type, accuracy, number of inclusions, cargo, clearing of fluctuations.

### References

1. Blackburn D., Singhose W., Kitchen J., Patrangenaru V., Lawrence J. Command Shaping for Nonlinear Crane Dynamics. *Journal of Vibration and Control*. 2010. no 16. pp. 477-501.

2. Shhedrinov A.V., Serikov S.A., Kolmykov V.V. Avtomaticheskaja sistema uspokoenija kolebanij gruzu dlja mostovogo krana [An automatic system of load's oscillation damping for the bridge crane]. *Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika*, 2007, no 8. pp. 13-17.

3. Tolochko O.I., Bazhutin D.V. Sravnitel'nyj analiz metodov gashenija kolebanij gruzu, podveshennogo k mehanizmu postupatel'nogo dvizhenija mostovogo krana [A comparative analysis of methods of damping the load suspended from the mechanism of translational motion of overhead crane]. *Jelektromashinostroenie i jelektrooborudovanie*, 2010, no 75. pp. 22-28.

4. Omar, H.M. Control of gantry and tower cranes: PhD Dissertation / H.M. Omar. – Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia. 2003.

5. Abdel-Rahman, E.M., Nayfeh, A.H., Masoud, Z.N. Dynamics and control of cranes: a review. *Journal of Vibration and Control*. no 9. 2003. pp. 863-908.

6. Fang Y., Dixon W.E., Dawson D.M. and E. Zergeroglu. Nonlinear coupling control laws for an underactuated overhead crane system. *IEEE/ASME Trans. Mechatronics*, Vol. 8, No. 3, 2003. pp. 418-423.

7. Denisenko, V.V. Raznovidnosti PID-reguljatorov [Varieties of PID-regulators, Automation in the industry]. *Avtomatizacija v promyshlennosti*, 2007, no 6. pp. 45-50.

8. Shcherbakov, V. Mathematical modeling of process moving cargo by overhead crane / V. Shcherbakov, M. Korytov, R. Sukharev, E. Volf // *Applied Mechanics and Materials*. Vols. 701-702 (2015). pp. 715-720.

9. Korytov M.S., Shcherbakov V.S., Volf E.O., «Impact sigmoidal cargo movement paths on the efficiency of bridge cranes», *International Journal of Mechanics and Control*, ISSN: 1590-8844, Vol. 16, No. 02, 2015, pp. 3-8.

10. Shcherbakov V.S., Korytov M.S., Volf E.O., «Reduction of the drive acceleration of bridge cranes through judicious choice of the load trajectory moving», *Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics*, ISSN: 1820-6530, Vol. 9, No.1, 2015, pp. 57-64.

11. Mitchell, Tom M. *Machine Learning*. – WCB/McGraw-Hill, 1997. 414 p.

*Щербаков Виталий Сергеевич (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор, декан факультета «Нефтегазовая и строительная техника» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: sherbakov\_vs@sibadi.org).*

*Корытов Михаил Сергеевич (Россия, Омск) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kms142@mail.ru).*

*Шершнева Елена Олеговна (Россия, г. Омск) – аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: wolf\_eo@sibadi.org).*

*Sherbakov Vitaliy Sergeevich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of The Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: sherbakov\_vs@sibadi.org).*

*Korytov Mikhail Sergeevich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: kms142@mail.ru).*

*Shershneva Elena Olegovna (Russian Federation, Omsk) – graduate student of the department «Computer-aided manufacturing and electrical engineering», The Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: wolf\_eo@sibadi.org).*

## РАЗДЕЛ II ТРАНСПОРТ

УДК 621.8.02

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СХОЖДЕНИЯ И РАЗВАЛА УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕС НА ТОПЛИВНУЮ ЭКОНОМИЧНОСТЬ И ИЗНОС ШИН АВТОМОБИЛЕЙ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

С.А. Кравцов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южно-уральский государственный университет, Россия, Челябинск.

**Аннотация.** На основе анализа деформаций эластичного колеса, возникающих в процессе его движения с наклоном по криволинейной траектории, установлена аналитическая взаимосвязь углов развала и схождения управляемых колес автомобиля, позволяющая на стадии проектирования выбрать их наиболее рациональное соотношение, обеспечивающее минимальное сопротивление качению колеса, и, следовательно, минимальный износ шин и расход топлива. Минимальное сопротивление качению находится в прямой зависимости с топливной экономичностью и износом шин. Данная аналитическая зависимость, позволила определить взаимосвязь углов установки управляемых колес, исходя из условия минимального сопротивления качению колеса, движущегося с развалом и схождением. Сопоставительный анализ углов развала и схождения управляемых колес, серийно выпускаемых автомобилей и углов, рассчитанных по зависимости позволяет сделать выводы о хорошей ходимости шин автомобилей, углы установки колес которых близки к расчетным.

**Ключевые слова:** управляемые колеса, топливная экономичность, дизельный двигатель, форсирование, развал и схождение, радиус кривизны, тепломеханическая напряженность.

#### Введение

Для решения этой задачи необходимо установить аналитическую зависимость, определяющую взаимосвязь углов установки управляемых колес, исходя из условия минимального сопротивления качению колеса, движущегося с развалом и схождением. Минимальное сопротивление качению находится в прямой зависимости с топливной экономичностью и износом шин.

Исходя из анализа исследований процесса качения эластичного колеса по криволинейной траектории [1,2,3,4,5], можно сделать вывод, что при рассмотрении реальной шины, момент сопротивления повороту будет являться функцией вида рисунок 1.

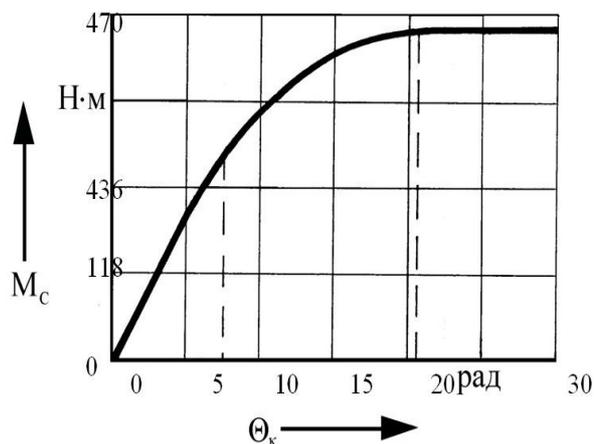


Рис. 1. Зависимость момента сопротивления повороту  $M_c$  от угла поворота колеса  $\Theta_k$

$$M_c = f(\Theta_{ш}, C_{ш}^{\theta}), \quad (1)$$

где  $\Theta_{ш} = f(a, R)$  - угловая деформация контактного отпечатка шины, рад;

$C_{III}^{\theta} = f(G_K, P_{III})$  - угловая жесткость, зависящая от конструкции шины, нагрузки и внутреннего давления в шине определяемая в статике при повороте колеса на месте, Н·м/рад.

С этих позиций рассмотрим поворот эластичного колеса вокруг центра  $E$  рисунок 2 [6].

Работа сил трения скольжения или упругой деформации для контактного отпечатка данного мгновения будут совершаться до тех пор, пока колесо пройдет путь  $S = \overset{\sim}{OA} = a/2$ . После того, как колесо пройдет по дуге  $OA$  путь  $S > a/2$ , контактный отпечаток повернется на угол  $\Theta$ .

При повороте радиуса обкатки относительно центра  $E$  на угол  $\zeta$ , при  $\overset{\sim}{OA} = a/2$ , точка  $C$  контактного отпечатка должна будет переместиться в т.  $A$  на дуге  $OA$ . Это произошло бы в том случае, если бы шина в плоскости дороги была абсолютно жесткая. Но так как шина обладает эластичностью, то на величину  $AC$  часть элементарных площадок переместится за счет упругих деформаций, а часть проскользит. Это будет зависеть от соотношения сил упругой деформации и сил сцепления с опорной поверхностью. А в итоге, величина скольжения и упругих деформаций контактного отпечатка будет зависеть от угла  $\Theta$ .

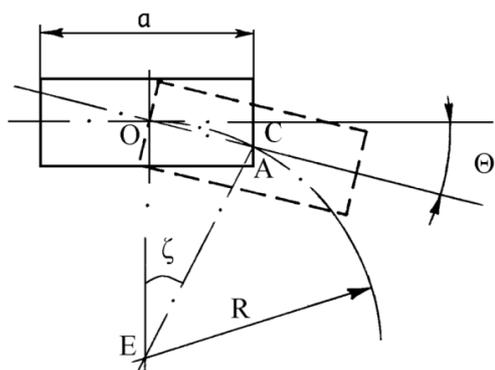


Рис. 2. Схема движения колеса по криволинейной траектории

Из рисунка 2 имеем:

$$\overset{\sim}{OA} = l_{ц} \zeta = \frac{a}{2}, \quad (2)$$

$$\angle \Theta = \frac{\pi}{2} - \angle EOA. \quad (3)$$

Из треугольника  $EOA$   $\angle EOA = \angle EAO$ ,

$$\angle EOA = \frac{\pi - \zeta}{2} = \frac{\pi - a/2R}{2} = \frac{\pi}{2} - \frac{a}{4R}. \quad (4)$$

При встречающихся на практике соотношениях длины большой оси  $a$  контактного отпечатка и радиусов кривизны траектории  $R$ , угол  $CEA$  малая величина более высокого порядка и им можно пренебречь.

Подставив выражение (4) в выражение (3), получим:

$$\Theta = \frac{a}{4R}. \quad (5)$$

Таким образом, при перемещении эластичного колеса по криволинейной траектории на расстояние, равное половине длины контакта под действием сил трения и упругой деформации происходит поворот контакта относительно вертикальной оси на угол  $\Theta$  рисунок 2. То есть эластичное колесо закручивается на этот угол. Предельная величина угловой деформации, при котором не происходит скольжения отпечатка по опорной поверхности, определяется радиусом кривизны траектории и длиной контакта (5). Момент же, возникающий в результате угловой деформации будет равен [7]

$$M_{\theta} = C_{\theta} \cdot \Theta, \quad (6)$$

и определяется угловой деформацией и угловой жесткостью шины, которая, как в прочем и длина контакта, в общем случае зависит от конструкции шины, давления воздуха в ней и нагрузки на колесо.

Движение колеса, наклоненного к вертикальной плоскости под углом  $\alpha_k$ , будет происходить по траектории радиуса  $R'$  рисунок 3:

$$R' = \frac{r_{\partial}}{\sin \alpha_k}. \quad (7)$$

Тогда момент, возникающий в результате закручивания шины относительно вертикальной оси при движении колеса с развалом, будет равен

$$M_{\alpha} = C_{\theta} \cdot \theta_{\alpha} = C_{\theta} \frac{a \cdot \sin \alpha_k}{4 \cdot r_{\partial}}, \quad (8)$$

где  $\theta_{\alpha}$  - угловая деформация шины, вызванная движением колеса с развалом, рад.

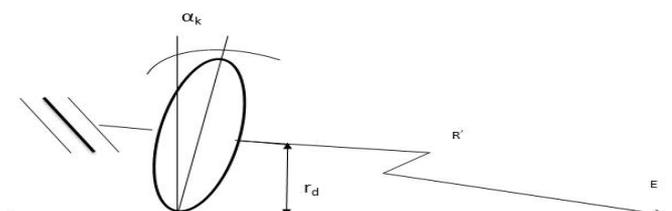


Рис. 3. Схема движения колеса с развалом

При качении колеса с углом схождения, происходит относительный поворот контакта, но уже на величину угла  $\varepsilon$ , что приводит к увеличению мощности, необходимой для движения колеса.

Вектор момента, обусловленного угловой деформацией при качении колеса со схождением  $M_\varepsilon$ , направлен в сторону противоположную направлению вектора момента  $M_\alpha$ , обусловленного угловой деформацией  $\theta_\alpha$  при качении колеса с развалом. Следовательно, чтобы колесо катилось без дополнительного сопротивления, создаваемого этими моментами, их необходимо уравнивать по величине:

$$M_\varepsilon = M_\alpha \quad (9)$$

Величина момента, обусловленного угловой деформацией при качении колеса со схождением, определяется аналогично (6):

$$M_\varepsilon = C_\theta \cdot \Theta_\varepsilon \quad (10)$$

Таблица 1 – Расчетные и экспериментальные значения углов установки управляемых колес АМН РФ

Марка автомобиля	Радиус колеса*, м	Длина контакта*, м	Углы установки по конструкторской документации, град		Расчетный угол схождения, град
			развал	схождение	
ЗИЛ-131	0.530	0.303	1.0	0.11...0.30	0.143
ГАЗ-66	0.505	0.325	0.75	0.05...0.25	0.125
Урал-4320	0.555	0.359	1.0	0.06...0.24	0.160
КамАЗ-4310	0.560	0.363	1.0	0.00...0.11	0.102
УАЗ-3151	0.370	0.228	1.5	0.11...0.22	0.231

\*Примечание: статический радиус и длина контакта получены экспериментальным путем.

**Заклучение**

Сопоставительный анализ углов развала и схождения управляемых колес, серийно выпускаемых автомобилей и углов, рассчитанных по зависимости (11) свидетельствует о хорошей ходимости шин автомобилей, углы установки колес которых близки к расчетным.

**Библиографический список**

1. Ишлинский, А.Ю. О проскальзывании в области контакта при трении качения / А.Ю. Ишлинский // Известия АН СССР: ОТН. – 1956. – № 6. – С. 24 - 25.
2. Карузин, О.И. Исследование плеча обкатки управляемых колес автомобиля: дис... канд. техн. наук: 05.05.03. – М., 1966. – 186 с.
3. Литвинов, А.С. Теория криволинейного движения колесных машин. Проблемы повышения проходимости колесных машин / А.С. Литвинов. – М.: изд. АН СССР, 1959. – 135 с.
4. Редчиц В.В. Определение моментов сопротивления повороту колесных машин: дис... канд. техн. наук: 05.05.03. – Харьков, 1974. – 170 с.
5. Солтус, А.П. Исследования влияния некоторых конструктивных параметров автомобиля на момент сопротивления повороту управляемых колес: дис... канд. техн. наук: 05.05.03. – Киев, 1978. – 159 с.
6. Гинцбург, Л.Л. Методика определения оптимальных углов установки управляемых колес / Л.Л. Гинцбург, В.Е. Вендель, М.А. Носенков // Автомобильная промышленность. – 1970. – № 3. – С. 15-17.
7. Келдыш, М.В. Шимми переднего колеса трехколесного шасси / М.В. Келдыш // Труды ЦАГИ. – 1945. – № 564. – С. 1 – 34.

**EVALUATION OF THE INFLUENCE OF TOE AND CAMBER OF THE STEERED WHEELS ON FUEL ECONOMY AND TYRE WEAR MULTIPURPOSE VEHICLES**

S.A. Kravtsov

**Abstract.** Based on the analysis of elastic deformations of the wheel that occurs in the process of movement with an inclination along a curvilinear trajectory, an analytical relationship of the angles of the collapse of the convergence of the steered wheels of the vehicle, allowing at the design stage to select the most efficient ratio that provides minimum rolling resistance wheels, and, therefore, minimal tire wear and fuel consumption. Minimum rolling resistance is in direct proportion with fuel efficiency and tyre wear, This analytic dependence, allowed us to determine the relationship of the angles of the steered wheels on the basis of the condition of the minimum of rolling resistance of the wheels, live with the camber and the toe. Comparative

analysis of the angles of camber and of toe-driven wheels, mass-produced cars and angles, calculated from the dependence allows to draw conclusions about the need for good tires, a wheel alignment which is close to the calculated one.

**Keywords:** steering wheel, fuel efficiency, diesel engine, boost, camber and toe, radius of curvature, thermo-mechanical tensions.

**References**

1. Ishlinskij A.Ju. O proskal'zyvanii v oblasti kontakta pri trenii kachenija [About the slippage in the contact area with the rolling friction]. *Izvestija AN SSSR: OTN*, 1956, no 6. pp. 24 - 25.
2. Karuzin O.I. *Issledovanie plecha obkatki upravljaemyh koles avtomobilja: dis. kand. tehn. nauk* [Study of shoulder running-driven wheels of the vehicle. dis. candidate. tech. sciences]. Moscow, 1966. 186 p.
3. Litvinov A.S. *Teorija krivolinejnogo dvizhenija kolesnyh mashin. Problemy povyshenija prohodimosti kolesnyh mashin* [Theory of curvilinear motion of wheeled vehicles. The problem of increasing the permeability of wheeled vehicles. - A collection]. Moscow, izd. AN SSSR, 1959. 135 p.
4. Redchic V.V. *Opredelenie momentov soprotivlenija povorotu kolesnyh mashin: dis. kand. tehn. nauk* [Defining moments of the resistance to turning the wheel of cars: dis. candidate. tech. sciences]. Har'kov, 1974. 170 p.
5. Soltus A.P. *Issledovanija vlijanija nekotoryh konstruktivnyh parametrov avtomobilja na moment soprotivlenija povorotu upravljaemyh koles: dis... kand. tehn. nauk* [Researches of influence of some design data of the car at the time of resistance to turn of the operated wheels: dis. cand. tech. sciences]. Kiev, 1978. 159 p.
6. Gincburg L.L., Vendel' V.E., Nosenkov M.A. *Metodika opredelenija optimal'nyh uglov ustanovki upravljaemyh koles* [Method of determining the optimum angles of the steered wheels]. *Avtomobil'naja promyshlennost'*, 1970, no 3. pp. 15-17.
7. Keldysh M.V. *Shimmi perednego kolesa trehkolesnogo shassi* [Shimmy of the front wheel tricycle landing gear]. *Trudy CAGI*, 1945, no 564. pp. 1 – 34.

*Кравцов Сергей Александрович (Россия, Новосибирск) – аспирант Южно-уральского государственного университета; преподаватель кафедры Вооружение и стрельбы, «НВВКУ» (630117, г. Новосибирск, ул. Иванова 49, e-mail: dima11780@inbox.ru).*

*Kravtsov Sergey Alexandrovich (Russian Federation, Novosibirsk) – graduate student of the Southern Ural state university; lecturer of the Department of Weapons and shooting, "NVCU" (630117, Novosibirsk, Ivanova street, 49, e-mail: dima11780@inbox.ru).*

УДК 656.01

## ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ В РЕТРОСПЕКТИВЕ РАЗВИТИЯ

В.М. Курганов

Тверской государственной университет, Россия, г. Тверь.

**Аннотация.** В статье дан анализ имеющихся схем периодизации основных этапов эволюции логистики и транспортных систем. Проанализированы концепции «логистических революций», «волн» изменений транспортной инфраструктуры и другие. Выявлена и обоснована необходимость разработки целостной концепции развития транспортных и логистических систем в соответствии с основными этапами развития мировой экономики. На основе проведенного исследования предлагается оригинальная многопараметрическая схема классификации основных этапов развития международных и региональных транспортных систем и комплексов.

**Ключевые слова:** транспортные системы, эволюция логистики, развитие мировой экономики.

### Введение

Исследование этапов развития транспорта в мировой экономике позволило установить важное явление, которое можно определить, как принцип условного постоянства топографии международных и региональных транспортных систем и комплексов. На разных этапах развития экономики и в разных регионах мира транспортные пути и опорные пункты логистических систем имеют четко выраженную географическую локализацию. Например, Кадис, известный ныне не только как торговый порт, но и место расположения военно-морских баз Испании и США, был главным испанским портом еще в эпоху Великих географических открытий, а его возникновение относят к 1100 году до н.э., когда он был основан как финикийская колония. На месте античной Гермонассы, которая была опорным пунктом древнегреческой торговли с причерноморскими скифами, в настоящее время строится крупнейший в России сухогрузный порт Тамань. На протяжении длительного пути цивилизации человечества таких примеров в мировой экономике можно найти множество [1,2]. Отсюда следует, что знание этапов развития транспортных систем может оказаться полезным для прогнозирования их состояния в будущем.

Другой аспект анализа эволюции транспортных систем известен давно, но от этого он не перестает быть значимым. Речь идет о том, что развитие систем транспортировки товаров и свобода торговли оказывает, пожалуй, преобладающее значение на изменения в экономике как

отдельных городов, так и крупных регионов мира.

Впервые, вероятно, такой вывод сформулировал бельгийский историк Анри Пиренн (Henri Pirenne, 1862 – 1935 гг.), изучая процесс экономической и культурной деградации Западной Европы в VII – VIII веках после распада Римской империи [3]. По его мнению, причина повсеместного упадка и перехода к натуральному хозяйству состояла не в нашествиях германских варваров, а в арабских завоеваниях, перерезавших торговлю и торговые пути сообщений европейцев с восточными странами. Этот вывод известен у историков как «принцип Пиренна» и, конечно, имеет отношение не только к периоду раннего Средневековья, когда столкнулись две религиозно-цивилизационные системы: римско-христианская и арабо-исламская. В результате этого столкновения Средиземное море, которое раньше римляне называли «mare nostrum» (наше море) и которое было основой всего римского мира (orbis Romanus), стало «арабским озером», закрытым для христиан [3].

Исследования Пиренна стали, в числе других, основой для построения гипотезы о «логистических революциях», которая объясняет фундаментальные изменения в мировой экономике в период с первого тысячелетия нашей эры медленными и необратимыми изменениями в логистических системах, используемых для перемещения товаров, информации, денежных средств и людей во взаимосвязанных процессах производства и потребления [4, 5].

Приведенные примеры и полученные выводы показывают, что знание этапов развития транспортных систем может оказаться полезным для прогнозирования их состояния в будущем, а также их влияния на экономику. Понимание движущих факторов эволюции экономики делает актуальным исследование основных этапов развития транспортных систем и логистики, как одной из сфер экономики.

Целью настоящего исследования является разработка целостной концепции развития транспортных и логистических систем в соответствии с основными этапами развития мировой экономики. Для достижения цели решаются две основные задачи: 1) анализ имеющихся представлений ученых и специалистов о последовательности развития транспортных и логистических систем; 2) определение основных классификационных признаков и выделение этапов эволюции транспортных систем и комплексов.

### **Концепция «логистических революций»**

Известны исследования [4,5], согласно которым в втором тысячелетии нашей эры выделяется четыре «логистических революции».

Первая из «логистических революций» (XI – XVI вв.) связана с активизацией торговой деятельности итальянских городов-республик и установлением связей с Ганзейским союзом. Одним из следствий было резкое увеличение объемов торговли на дальние расстояния и создание сети транспортных сообщений и узловых пунктов на морских побережьях и вдоль рек.

«Вторая логистическая революция» (XVI – XIX вв.) связана с усложнением финансового обеспечения торговли и развитием банковской деятельности, а также включением в экономические связи новых регионов. В этот период были осуществлены морские плавания, которые стимулировались правительствами европейских стран, в первую очередь, Португалии и Испании. Одним из результатов второй логистической революции стало превращение Амстердама, Парижа и Лондона в центры международной торговой сети.

Появление машинного производства, сначала в Англии в XVIII в., а затем и в других странах, стимулировало «третью логистическую революцию». Разделение труда приняло международный характер. Быстрый рост городов привел к появлению

новых промышленных центров в Европе и Северной Америке.

В настоящее время, по мнению авторов данной концепции [4,5], осуществляется «четвертая логистическая революция», когда совершенствование транспортной системы связано с появившимися возможностями обработки информации, возросшей ролью знаний персонала и развитием коммуникационных технологий. Особое место уделяется воздушному транспорту, который снижает значение географической близости различных регионов планеты и повышает транспортную доступность.

### **Аэрополисы как особый этап в развитии транспортных систем**

Выделяется роль воздушного транспорта на современном этапе также еще одной концепцией, на основе которой классифицируются изменения в сфере логистики и транспортной инфраструктуры [6]. Согласно представлениям автора концепции, определяющую роль в развитии экономики и росте городов в течение длительного периода времени играли различные виды транспорта и логистической инфраструктуры. В разные этапы они последовательно сменяли друг друга, в связи с чем можно выделить следующие «волны» эволюции транспортных систем: 1) морские порты; 2) реки и каналы; 3) железные дороги; 4) скоростные автомагистрали; 5) аэропорты. На основе аэропортов возникают кластеры промышленных, торговых, образовательных, культурных центров (аэрополисы). Ключевая идея данной концепции – использование скорости для сокращения издержек и повышения производительности в логистических сетях. Инструментом реализации концепции является сочетание региональных, градостроительных и логистических подходов в планировании развития городов.

### **Особенности современного этапа логистики**

Повышенное внимание в целом ряде исследований уделяется современному этапу развития логистики и транспорта.

Известна классификация этапов эволюции логистики, приведенная в одной из опубликованных в России книг по логистике (вышла в свет в 2000 г.) со ссылкой на зарубежное издание [7], которая включает три этапа: «дологистический» период (до 1950-х годов); период «классической логистики» (с начала 1960-х годов); период «неологистики» или «логистики второго

поколения» (с начала 1980-х годов). Неудачные формулировки вызывают впечатление, что авторы игнорируют длительную историю логистики и, в частности, то обстоятельство, что в период, названный ими «дологистическим», были осуществлены две самые масштабные логистические операции в истории человечества: эвакуация промышленных предприятий из европейской части Советского Союза на восток в 1941 году и высадка войск союзников в Нормандии в 1944 году. Собственно сам термин «логистика» в современном значении введен в употребление еще в начале XIX века в военном деле, откуда перешел в сферу бизнеса в 70-х годах XX века [8].

Более детальная классификация ступеней генезиса логистики XX – начала XXI вв. предусматривает выделение четырех этапов: период с 1950-х до конца 1960-х гг. («фрагментаризация»); далее до конца 1980-х гг. («становление»); до конца 1990-х гг. («развитие»); 2000-е годы («интеграция») [9].

Особенностями рассмотренных классификаций является ограничение анализа узкими временными границами, тогда как развитие логистики имеет значительно большую протяженность.

### **Роль информационных технологий в развитии логистики**

Правительство Германии активно поддерживает появившуюся в 2011 г. концепцию построения производственных процессов будущего «Индустрия 4.0», заявив, что она будет неотъемлемой частью «Стратегии 2020». Данная концепция исходит из представления, что до настоящего времени в экономике состоялось три скачкообразных изменения в основополагающих подходах к организации производства (промышленных революции). Первая промышленная революция началась в Англии в XVIII веке и была связана с использованием энергии воды, а затем пара. Вторая промышленная революция связана с массовым использованием в промышленности электродвигателей для станочного парка, без чего было бы невозможным массовое конвейерное производство. В результате третьей промышленной революции появились автоматизированные системы управления и заводы-автоматы. В основе четвертой промышленной революции («Индустрии 4.0») лежит технология RFID, в настоящее время используемая для управления

логистическими процессами на складах. Предполагается, что производственные мощности, объекты, склады, транспортные средства будут оснащены датчиками и микропроцессорами и будут интегрированы в киберфизические системы. Каждый объект сможет самостоятельно определять необходимые работы для производства, а все они будут взаимодействовать друг с другом и обмениваться информацией («интернет вещей» на «интеллектуальном предприятии») [10, 11].

Концепция «Индустрия 4.0» близка по своей сути к теории смены технологических укладов [12] и технико-экономических парадигм [13], а также некоторым образом перекликается с идеей «Третьей промышленной революции» [14].

### **Транспортные системы на этапах технологических укладов**

Согласно теории технологических укладов [12], в мировой экономике с XVIII в. сменилось пять крупных комплексов технологически сопряженных производств, ключевыми факторами которых являлись: 1) водяные машины в текстильном производстве (этому этапу в сфере логистики соответствует интенсивное строительство каналов для использования внутреннего водного транспорта при перемещении грузов); 2) паровые двигатели (железнодорожное и паровое строительство); 3) электродвигатели (данный этап характерен увеличением производства и проката стали, строительством линий электропередач); 4) двигатели внутреннего сгорания (развитие массового авто- и авиастроения); 5) микроэлектроника (информационные технологии в управлении экономикой, в том числе процессами транспортировки и логистики). Ключевыми факторами зарождающегося шестого уклада станут нано- и клеточные технологии, за счет чего должно произойти резкое снижение энерго и материалоемкости производства. Каждому из названных технологических укладов соответствует своя институциональная структура.

### **Классификационные признаки транспортных систем и комплексов**

Рассмотренные концепции эволюции экономики и периодизации этапов развития транспортных систем и логистики на этой основе различаются друг от друга. Однако всем им в той или иной мере свойственна произвольность выделения временных рамок предлагаемых классификаций и

фрагментарность. Было бы правильным рассматривать процесс эволюции транспортных систем в зависимости от основных этапов развития мировой экономики, начиная с ее зарождения.

Надо иметь также в виду, что основой выделения отдельных этапов должно быть фундаментальное (принципиальное) и, при этом, скачкообразное, изменение характера функционирования транспортных и логистических систем. Эти изменения могут носить технологический характер и быть связанными с видом используемых транспортных средств. Можно выделить также изменения в топографии путей сообщения.

Классификация должна быть многопараметрической, то есть использовать несколько параметров классификации. Это связано с тем, что изменения могут по-разному классифицироваться в зависимости от того, являются ли транспортные системы международными либо носят большей частью региональный характер. Например, Великий шелковый путь, если использовать современную терминологию, – это международная мультимодальная логистическая система «Запад — Восток», использующая морской, речной и наземный виды транспорта. Одним из ответвлений этой международной системы был, например, мультимодальный транспортный коридор «Север — Юг», связывающий Центральную и Малую Азию, а также Ближний Восток с Восточной и Северной Европой. Основными транспортными артериями этого коридора, который выходил в бассейн Балтийского моря и носил по большей части региональный характер, были Черное и Азовское моря, а также реки Дон, Волга, Тверца, Западная Двина и, возможно, Днепр и Ловать.

Если говорить о логистических системах глобального характера, обеспечивающих торговые связи в масштабах всей планеты, то первые признаки их возникновения следует относить, вероятно, к эпохе Великих географических открытий, знаковым событием которой явилось первое кругосветное плавание.

Требуют пояснения введенные понятия транспортных систем и транспортных комплексов. Прежде всего, надо отметить, что оба этих понятия представляют собой реализацию системного подхода.

Становление системного подхода, который стал мощным инструментом теории и практики, обычно связывают с именами

Александра Богданова [15] и Карла Людвиг фон Бергаланфи [16]. Системный подход предполагает не только вертикальную структуризацию систем (иерархичность), но и горизонтальную структуризацию (выделение классов систем или систем одного рода) [17].

Широкое использование системного подхода создает иллюзию его универсальности и отсутствия ограничений для его применения. Нередко в исследованиях упускается тот факт, что системный подход предполагает определение структурных элементов системы, ее границ и характера взаимодействия с внешней средой, но при этом на задний план уходит исследование динамики развития системы. В фокусе исследователя находится текущее состояние системы, а «за кадром» остается ее состояние в предшествующий период. А именно оно часто является причиной резких фундаментальных изменений и нелинейной динамики поведения системы [5].

Не настаивая на единственно возможной трактовке понятий транспортных систем и транспортных комплексов, их можно определить следующим образом.

Прежде всего, надо отметить, что оба этих понятия включают в себя подвижной состав, пути сообщений с транспортной инфраструктурой, объекты товаропроводящей сети (склады, распределительные и накопительные центры), совокупность организационно-технологических и правовых условий деятельности.

Формирование и функционирование транспортных систем осуществляется в течение длительного времени. На ранних этапах человеческой цивилизации этот период нередко длился в течение столетий. Характерными примерами являются средиземноморская система обеспечения торговых связей античного мира или система Великого шелкового пути.

В отличие от системы, транспортный комплекс, при всей его масштабности, создается целенаправленно для решения локальных задач. В качестве примеров можно привести транспортный комплекс Северного морского пути, Транссибирской магистрали, Суэцкого и Панамского каналов.

### **Этапы развития транспортных систем и комплексов**

Целостное представление о развитии международных и региональных транспортных систем, а также об

особенностях логистического обеспечения производственной деятельности, может дать классификация, выделяющая семь основных этапов или, в терминологии авторов ряда рассмотренных исследований, «логистических революций».

1. Появление логистики, как деятельности, обеспечивающей функционирование зарождающейся экономики (торговли, строительства, ремесленничества) в эпоху неолита.

2. Античная колонизация Средиземного и Черного морей. Морские финикийские и греческие экспедиции. Формирование дорожной сети Римской империи.

3. Формирование и функционирование евразийских наземных и водных торговых путей, обеспечивающих логистические связи между странами и народами Европы и Азии.

4. Эпоха Великих географических открытий. Европейские страны стали контролировать торговые связи в большинстве регионов планеты.

5. Развитие логистики вследствие Промышленной революции. Использование энергии воды и пара (появление ватерных машин, выплавка чугуна, обработка железа: «машины стали делать машины»; строительство каналов для перемещения массовых грузов). Дальнейшее технологическое совершенствование в ходе Промышленной революции (появление паровых двигателей, железнодорожное строительство, организация регулярных морских и океанских линий перевозок). Появление и развитие товарного рынка и рынка рабочей силы. Начало процессов урбанизации. Борьба за контроль над проливами Босфор, Дарданеллы и Гибралтар

6. Зарождение глобальной экономики. Строительство Суэцкого и Панамского каналов, процессы глобализации международных отношений в сфере экономики, политики и военных конфликтов, дальнейшее технологическое совершенствование промышленности и логистики. Использование энергии электричества (изобретение электродвигателя и на этой основе создание конвейерного серийного и массового производства, стандартизация технологических процессов и продукции). Использование автомобильного и авиационного транспорта, автодорожное строительство. Контейнерная революция. Расширение урбанизации и ускорение ее темпов

7. Современный этап. Глобализация экономики, формирование рынка покупателя и массовое внедрение информационных технологий в логистику и в целом в экономику, повышение важности фактора времени, стремление ускорить продвижение товаров по логистическим каналам. Промышленная электроника (автоматизированные предприятия и склады, роботизированное производство, заводы-автоматы, склады-автоматы). Системы искусственного интеллекта, сети обмена данными и самостоятельное сетевое взаимодействие технических устройств (на производстве - «интеллектуальное предприятие», в быту - «интернет вещей»; автоматическая самодиагностика и сервис; облачные технологии; управление производством и логистическими процессами в удаленном режиме с мобильных устройств)

### **Заключение**

В результате анализа имеющихся концепций «логистических революций» и развития логистики и транспорта показана необходимость расширения временных границ периодизации этапов эволюции транспортных систем и комплексов и их увязка с развитием мировой экономики. Сформулирован принцип условного постоянства топографии международных и региональных транспортных систем и комплексов и опорных пунктов логистических систем. Предложена внутренне непротиворечивая многопараметрическая классификационная схема и выделено семь основных этапов развития транспортных систем и комплексов.

### **Библиографический список**

1. Курганов, В.М. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок товаров: учеб. пособие / В.М. Курганов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Книжный мир, 2009. – 512 с.
2. Курганов, В.М. Логистика. Управление автомобильными перевозками / В.М. Курганов. – М.: Книжный мир, 2007. – 448 с.
3. Пиренн, А. Средневековые города и возрождение торговли / А. Пиренн. – Пер. с англ. и предисловие С.И. Архангельского. Горький, Изд. Горьк. пед. ин-та, 1941. – 126 с.
4. Andersson A. E., Zhang W.-B. Nonlinearity in Social Dynamics – Order Versus Chaos. Discrete Dynamics in Nature and Society, 1997, Vol. 1, pp. 111-126. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fdo wnloads.hindawi.com%2Fjournals%2Fddns%2F1997 %2F963203.pdf&name=963203.pdf&lang=en&c=564c965428c1> (дата обращения: 15.11.2015).

5. Занг, В.Б. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории / В.Б. Занг. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1999. – 335 с.

6. Kasarda J.D. Gateway Airports. Commercial Magnets and Critical Business Infrastructure. McGraw Hill Financial Global Institute, November 3, 2014. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://media.mhfi.com/documents/MHFIGI-Gateway-Airports-Updated.pdf>

7. Journal of Business Logistics. - 1986, vol. 7, № 2. © Council of Supply Chain Management Professionals

8. Основы логистики: учеб. пособие / Л.Б. Миротин, В.И. Сергеев, М.П. Гордон и др. – Под ред. Л.Б. Миротина и В.И.Сергеева. – М., Инфра-М, 1999. – 200 с

9. Логистика. Интеграция и оптимизация логистических бизнес-процессов в цепях поставок. Полный курс MBA / В.В. Дыбская, Е.И. Зайцев, В.И. Сергеев, А.Н. Стерлигова. – Под ред. д.т.н., профессора В.И. Сергеева. – М., Эксмо, 2008. – 944 с.

10. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. Kagermann H., Wolf-Dieter L., Wahlster W. VDI-Nachrichten, April 2011. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-industriellen-Revolution>.

11. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Hermann M., Pentek T., Otto B. Technische Universität Dortmund, Fakultät Maschinenbau, Audi Stiftungslehrstuhl Supply Net Order Management. Working Paper No. 01, 2015. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4\\_0-Scenarios.pdf](http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf).

12. Глазьев, С.Ю. О неравномерности современного экономического роста как процесса развития и смены технологических укладов / С.Ю. Глазьев // Международный симпозиум «Научное наследие С.Кузнецова и перспективы развития глобальной и национальных экономик в XXI веке». 25-27 мая 2011 г. Киев. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.glazev.ru/econom\\_polit/270/](http://www.glazev.ru/econom_polit/270/).

13. Перес, К. Технологические революции и финансовый капитал. Динамика пузырей и периодов процветания / К. Перес. – М.: Дело, 2011. – 231 с.

14. Рифкин Д. Третья промышленная революция. Пер. В. Ионова. The Prime Russian Magazine. 1.06.2014. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://primerussia.ru/article\\_materials/402](http://primerussia.ru/article_materials/402).

15. Богданов, А.А. Тектология. Всеобщая организационная наука / А.А. Богданов. – В 2-х кн. – М.: Экономика, 1989. – 653 с.

16. Бертуланфи, Л. История и статус общей теории систем / Л. Бертуланфи // Системные исследования. – М.: Наука 1973. – С. 20-37.

17. Урманцев Ю.А. Общая теория систем: состояние, приложения и перспективы развития /

Ю.А. Урманцев // Система, симметрия, гармония. – М.: Мысль, 1988. – С. 3 - 63.

### TRANSPORT SYSTEMS AND COMPLEXES IN THE RETROSPECTIVE DEVELOPMENT

V.M. Kurganov

**Abstract.** In this article the analysis of existing schemes of periodization of the main stages of evolution of logistics and transportation systems. Analyzes the concept of "logistics revolution", the "waves" of changes in transport infrastructure and others. Revealed and substantiated the necessity of developing a holistic concept of development of transport and logistics systems in accordance with the main stages of development of the world economy. On the basis of this study we propose an original multi-parameter classification scheme of the main stages of the development of international and regional transport systems and complexes

**Keywords:** transport system, evolution of logistics, the development of the world economy.

### References

1. Kurganov V.M. *Logistika. Transport i sklad v tsepi postavok tovarov: ucheb. posobie* [Logistics. Transport and a warehouse in a chain of deliveries of goods]. Moscow, Knizhnyi mir, 2009. 512 p.

2. Kurganov V.M. *Logistika. Upravlenie avtomobil'nymi perevozkami* [Logistics. Management of automobile transportations]. Moscow, Knizhnyi mir, 2007. 448 p.

3. Pirenne A. *Srednevekovye goroda i vozrozhdenie trgovli* [Medieval cities and revival of trade]. Per. s angl. i predislovie S. I. Arkhangel'skogo. Gor'kii, Izd. Gor'k. ped. in-ta, 1941. 126 p.

4. Andersson A. E., Zhang W.-B. Nonlinearity in Social Dynamics – Order Versus Chaos. Discrete Dynamics in Nature and Society, 1997, Vol. 1, pp. 111-126. Available at: <https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fdo.wnloads.hindawi.com%2Fjournals%2Fddns%2F1997%2F963203.pdf&name=963203.pdf&lang=en&c=564c965428c1> (assessed 15.11.2015).

5. Zang V.-B. *Sinergeticheskaya ekonomika. Vremya i peremeny v nelineinoi ekonomicheskoi teorii* [Synergetic economy. Time and changes in the nonlinear economic theory]. Moscow, Mir, 1999. 335 p.

6. Kasarda J.D. Gateway Airports. Commercial Magnets and Critical Business Infrastructure. McGraw Hill Financial Global Institute, November 3, 2014. Available at: <http://media.mhfi.com/documents/MHFIGI-Gateway-Airports-Updated.pdf>

7. Journal of Business Logistics. - 1986, vol. 7, № 2. © Council of Supply Chain Management Professionals

8. *Osnovy logistiki: ucheb. posobie*. [Fundamentals of logistics]. L.B. Mirotin, V.I. Sergeev, M.P. Gordon i dr. Pod red. L.B. Mirotina i V.I. Sergeeva. Moscow, Infra-M, 1999. 200 p

9. *Logistika. Integratsiya i optimizatsiya logisticheskikh biznes-protsessov v tsepyakh postavok. Polnyi kurs MVA* [Logistics. Integration and optimization of logistic business processes in chains of deliveries. Full course of MVA]. V.V. Dybskaya, E.I. Zaitsev, V.I. Sergeev, A.N. Sterligova. Pod red. d.t.n., professora V.I. Sergeeva. Moscow, Eksmo, 2008. 944 p.

10. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. Kagermann H., Wolf-Dieter L., Wahlster W. VDI-Nachrichten, April 2011. Available at: <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-industriellen-Revolution>.

11. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Hermann M., Pentek T., Otto B. Technische Universität Dortmund, Fakultät Maschinenbau, Audi Stiftungslehrstuhl Supply Net Order Management. Working Paper No. 01, 2015. Available at: [http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4\\_0-Scenarios.pdf](http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf).

12. Glazev S. Yu. *O neravnomernosti sovremenogo ekonomicheskogo rosta kak protsessa razvitiya i smeny tekhnologicheskikh ukladov.* [O unevenness of modern economic growth as development and change of technological ways]. Doklad na Mezhdunarodnom simpoziume «Nauchnoe nasledie S.Kuzneta i perspektivy razvitiya global'noi i natsional'nykh ekonomik v KhKhI veke». 25-27 maya 2011, Kiev. Available at: [http://www.glazev.ru/econom\\_polit/270/](http://www.glazev.ru/econom_polit/270/).

13. Peres K. *Tekhnologicheskie revolyutsii i finansovyi kapital. Dinamika puzyrei i periodov protsvetaniya* [Technological revolutions and financial

capital. Dynamics of bubbles and periods of prosperity]. Moscow, Delo, 2011. 231 p.

14. Rifkin D. *Tret'ya promyshlennaya revolyutsiya.* Per. V.Ionova. The Prime Russian Magazine. 1.06.2014. Available at: [http://primerussia.ru/article\\_materials/402](http://primerussia.ru/article_materials/402).

15. Bogdanov A.A. *Tektologiya. Vseobshchaya organizatsionnaya nauka* [Tektologiya. General organizational science]. Moscow, Ekonomika, 1989. 653 p.

16. Bertalanfi L. *Istoriya i status obshchei teorii sistem* [History and status of the general theory of systems]. *Sistemnye issledovaniya*, Moscow, Nauka, 1973. pp. 20-37.

17. Urmantsev Yu.A. *Obshchaya teoriya sistem: sostoyanie, prilozheniya i perspektivy razvitiya* [General theory of systems: state, appendices and prospects of development]. *Sistema, simmetriya, garmoniya*, Moscow, Mysl', 1988. pp. 3 - 63.

*Курганов Валерий Максимович (Тверь, Россия) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры математики, статистики и информатики в экономике ФГБОУ ВО «ТвГУ» (170100, г. Тверь, Желябова, 33, e-mail: glavreds@gmail.com).*

*Kurganov Valeriy Maksimovich (Tver, Russian Federation) – doctor of technical sciences, Ass. professor, professor, department of mathematics, statistics and Informatics in economy, Tver State University (170100, Tver, Zhelyabova, 33, e-mail: glavreds@gmail.com).*

УДК 621.439:629.114.5

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПО ПРОИЗВОДСТВУ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Н.Г. Певнев, Э.Р. Раенбагина  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В статье проведен анализ нормативно-технической документации, регулирующей требования к объектам, использующим сжиженный углеводородный газ (СУГ). Нормативно-техническая документация гласит, что при техническом обслуживании и текущем ремонте газобаллонных автомобилей (ГБА) необходимо (обязательно) осуществлять слив газа из автомобильного баллона на специально оборудованных постах слива. В связи с модернизацией конструкции запорно-предохранительной арматуры газовых баллонов осуществить слив газа согласно требований нормативно-технической документации невозможно. Таким образом, требуется разработка дополнений в существующую нормативно-техническую документацию, касающуюся проектирования газобаллонного оборудования (ГБО), его изготовления, переоборудования автомобилей в газобаллонные и их обслуживание. Разработанные дополнения в нормативно-техническую документацию утверждаются в виде стандарта организации на основании результатов проведенных исследований, руководствуясь требованиями статьи 17 Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании». Стандарт организации должен быть разработан на монтаж сливной магистрали в систему питания ГБА, обеспечивающей слив газа из баллона, а также на выполнение технологических процессов технической эксплуатации ГБА. Стандарт организации, разработанный и

*утвержденный одной организацией, может использоваться другой организацией по договору с утвердившей его организацией.*

**Ключевые слова:** газобаллонный автомобиль, техническая эксплуатация, слив газа, нормативные документы.

### **Введение**

13 мая 2013 г. утверждено Распоряжение Правительства Российской Федерации № 767-р «О регулировании отношений в сфере использования газового моторного топлива», согласно которому ряду федеральных министерств поручено разработать комплекс мер государственной поддержки, направленных на создание условий для расширения использования газа в качестве моторного топлива [1].

14 мая 2013 г. по итогам совещания у Президента РФ В.В. Путина по вопросу расширения использования газа в качестве моторного топлива утвержден перечень поручений Правительству РФ. Этими поручениями предусмотрена разработка комплексного плана расширения использования газа в качестве моторного топлива, а также комплексное внесение изменений в нормативно-правовую базу, регулиующую требования к объектам, предназначенным для производства, хранения и использования газомоторного топлива [2].

### **Рекомендуемые дополнение в нормативно техническую документацию**

К газомоторному топливу относятся сжиженный углеводородный газ и природный газ сжатый (КПГ) и сжиженный (СПГ). Причем предпочтение отдается природному газу.

Многие положения нормативно-правовых и нормативно-технических документов в настоящее время не отвечают современным требованиям эксплуатации и экологии и требуют разработки дополнений на основании проведенных исследований [3].

Внесенные изменения в нормативно-техническую документацию разрабатываются и утверждаются в виде стандарта той организации, которая занята оказанием услуг по монтажу ГБО и обслуживанию ГБА, руководствуясь требованиями статьи 17 Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», исходя из необходимости применения этих стандартов для целей, указанных в статье 11 настоящего Федерального закона, для совершенствования производства и обеспечения качества продукции, выполнения работ, оказания услуг, а также для распространения и использования

полученных в различных областях знаний результатов исследований (испытаний), измерений и разработок [4].

Нормативно-техническая документация для ГБА, работающих на СУГ, включает в себя нормативные документы для производства ГБО, устанавливают единый порядок организации переоборудования автотранспортных средств в газобаллонные, а также техническую эксплуатацию ГБА [5].

Эти нормативные документы распространяются на все автотранспортные средства для предприятий любых форм собственности и индивидуальных владельцев и носят обязательный характер.

Конструктивное исполнение агрегатов и элементов ГБО регламентирует ОСТ 37.001.653-99, процесс переоборудования автомобилей грузовых, легковых и автобусов в газобаллонные для работы на сжиженном нефтяном газе регламентируют ТУ 152-12-008-99 и РД 3112194-1098-03, техническую эксплуатацию ГБА регламентирует РД 3112199-1094-03.

Согласно требованиям нормативной документации при техническом обслуживании и текущем ремонте ГБА обязательно осуществлять слив газа из автомобильного газового баллона на специализированных постах слива газа [6]. В связи с модернизацией конструкции запорно-предохранительной арматуры (ЗПА) автомобильных газовых баллонов произвести слив газа из баллонов невозможно. Таким образом, не выполняются требования нормативных документов по сливу газа, и нарушается технологический процесс технической эксплуатации ГБА.

Для правильного функционирования системы использования СУГ в качестве моторного топлива должна быть доработана нормативная документация. А для выполнения требований нормативных документов по сливу СУГ из автомобильного баллона с мультиклапаном необходима модернизация системы питания двигателя ГБА, а также организация постов слива СУГ из автомобильных баллонов на АТП и АГЗС [7].

Стандарт организаций – это документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции,

## ТРАНСПОРТ

правила осуществления и характеристики процессов проектирования, производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, реализации, выполнения работ или оказания услуг [4].

Стандарт организации может разрабатываться на монтаж сливной

магистральной в систему питания ГБА, обеспечивающей слив газа из баллона, а также на выполнение технологических процессов технической эксплуатации ГБА.

На основе проведенных исследований были разработаны дополнения в нормативно-техническую документацию для ГБА (таблица 1).

Таблица 1 – Дополнения в нормативно-техническую документацию для ГБА, работающих на СУГ

№	Название нормативного документа	Рекомендуемые дополнения
1	ОСТ 37.001.653-99 «Газобаллонное оборудование транспортных средств, использующих газ в качестве моторного топлива. Общие технические требования и методы испытания»	В п. 4.1 добавить п. 9: - тройник со скоростным клапаном; - вентиль слива газа; - ВЗУ без обратного клапана; - газопровод, последовательно соединяющий эти устройства.
2	ТУ 152-12-008-99 «Автомобили и автобусы. Переоборудование грузовых, легковых автомобилей и автобусов в газобаллонные для работы на сжиженных нефтяных газах»	В п. 1.3.1 добавить: - тройник со скоростным клапаном; - вентиль слива газа; - ВЗУ без обратного клапана; - газопровод, последовательно соединяющий эти устройства.
3	РД 3112194-1098-03 «Руководство по организации и выполнению услуг и работ по переводу на газ сжиженный нефтяной автотранспортных средств, находящихся в эксплуатации»	В п. 6 добавить последовательность монтажа магистральной слива СУГ из баллона (таблица 2).
4	РД 3112199-1094-03 «Руководство по организации эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе»	В п. 3.1 добавить п. 10: магистраль слива СУГ из автомобильного газового баллона, включающую: - тройник со скоростным клапаном; - вентиль слива газа; - ВЗУ без обратного клапана; - газопровод, последовательно соединяющий эти устройства.
		В п. 5.1.1 добавить рекомендации по методике проведения обслуживания ГБА, оснащенных магистралью слива СУГ из автомобильного газового баллона.
		В п. 5.1.2 добавить порядок удаления СУГ из автомобильного газового баллона.
		В п. 5.2.2 добавить технологические схемы и описание постов слива СУГ на АГЗС и АТП.

### Рекомендуемые дополнения в ОСТ 37.001.653-99

В текущий период в нормативном документе ОСТ 37.001.653-99 не указано, каким образом осуществлять слив СУГ из автомобильных газовых баллонов, оборудованных мультиклапаном. В системе питания ГБА отсутствуют какие-либо дополнительные устройства для подсоединения шлангов поста слива СУГ для выполнения операций слива газа. В данный нормативный документ в существующей редакции в п. «4.1.1. ГБО для ТС должно обязательно включать в себя следующие

агрегаты и элементы» необходимо внести следующие дополнения, обозначив их п. 9.

п. 9) магистраль слива СУГ из автомобильного газового баллона, включающую перечисленные ниже устройства: тройник со скоростным клапаном; вентиль слива газа; ВЗУ без обратного клапана; газопровод, последовательно соединяющий эти устройства.

После монтажа магистральной слива СУГ в газовую систему питания произвести испытания на герметичность.

### Рекомендуемые дополнения в ТУ 152-12-008-99

## ТРАНСПОРТ

В нормативном документе ТУ 152-12-008-99 «Автомобили и автобусы. Переоборудование грузовых, легковых автомобилей и автобусов в газобаллонные для работы на сжиженных нефтяных газах. Приемка на переоборудование и выпуск после переоборудования. Испытания газотопливных систем. Технические условия» пункт 1.3. «Технические требования к газобаллонному оборудованию для ГСН, устанавливаемому при переоборудовании» дополнить пункт 1.3.1. «Под газобаллонным оборудованием, устанавливаемым на АТС при переоборудовании на ГСН, понимается» и изложить его в следующей редакции:

- узлы и элементы соединений для магистрали слива СУГ из автомобильного газового баллона, включающую в себя тройник со скоростным клапаном, вентиль

слива газа, ВЗУ без обратного клапана и газопровод.

Таким образом, изложенный в представленной редакции текст, будет констатировать дополнения к комплектации баллона, т.к. перечисленные узлы и элементы соединений предназначены именно для слива газа из автомобильного газового баллона в случаях, предусмотренных технологией ТО и ТР ГБА.

*Рекомендуемые дополнения в РД 3112194-1098-03*

В РД 3112194-1098-03 в п. «6. Типовая технологическая последовательность и содержание операций по установке газобаллонного оборудования для ГСН на АТС» дополнить последовательностью монтажа магистрали слива СУГ из баллона (таблица 2).

Таблица 2 – Последовательность монтажа магистрали слива СУГ из автомобильного газового баллона

Содержание работ	Квалификация исполнителя	Технические требования	Примечание
<b>Операция №8. Сборка агрегатов и узлов ГТА</b>			
2. Установить на газовый баллон блок арматуры, предварительно демонтировав из него скоростной клапан. Вместо скоростного клапана вмонтировать переходник с внутренним конусом под ниппель для подсоединения магистрального газопровода штатными соединениями: ниппель – медная трубка – гайка накидная	Слесарь 4-го разряда, имеющий разрешение на работу со сжиженным газом	Установку производить согласно инструкции по монтажу предприятия-изготовителя ГБО	Переходник в корпус блока арматуры вворачивается с использованием фум-ленты
2.1. В соединительный штуцер установить скоростной клапан. Соединительный штуцер через медную прокладку подсоединить к тройнику	–/–	Герметичность и надежность соединений должны обеспечиваться при максимальном рабочем давлении 1,6 МПа	–
2.2. Ввернуть в вентиль слива газа соединительные штуцера для исполнения магистрали слива СУГ штатными соединениями: ниппель – медная трубка – гайка накидная	–/–	Соединительные штуцера вворачиваются в вентиль слива газа с использованием фум-ленты	–
<b>Операция №10. Монтаж газовых баллонов и деталей газотопливной аппаратуры</b>			
1.5. Установить заправочное устройство и рядом с ним установить ВЗУ без обратного клапана	–/–	ВЗУ должно быть установлено таким образом, чтобы не выступать за геометрические пределы АТС. ВЗУ должно быть защищено от повреждений и загрязнения (резиновый брызговик)	–

## ТРАНСПОРТ

Продолжение Таблицы 2

1.9. Проложить магистральный газовый трубопровод от баллона через тройник со скоростным клапаном в моторный отсек к ГТА, используя штатные соединения: медная трубка – ниппель – гайка накидная	Слесарь 4-го разряда, имеющий разрешение на работу со сжиженным газом	Магистральный газопровод должен быть цельным по конструкции. Он прокладывается по наружной части днища салона, минуя нагреваемые и подверженные внешним воздействиям места. Крепление необходимо осуществлять по месту установки скоб на расстоянии не более 800 мм между ними	Крепление осуществляется специальными скобами с помощью винтов или саморезов
1.10. Жестко закрепить вентиль слива газа на защищенную от внешних воздействий опорную поверхность кузова автомобиля либо рамы	-//-	Вентиль слива газа устанавливается в доступном месте	Крепление осуществляется с помощью хомутов и саморезов через резиновую прокладку
1.11. Соединить газовым трубопроводом ВЗУ без обратного клапана, вентиль слива газа и тройник	-//-	Крепление трубопровода должно осуществляться при помощи соединений: ниппель-гайка накидная	-

### Рекомендуемые дополнения в РД 3112199-1094-03

Требования к комплекту и конструкции магистрали слива СУГ из автомобильного газового баллона необходимо внести в п. «3. Конструктивные особенности газобаллонного оборудования ГБА, работающих на ГСН. 3.1. Комплектность газобаллонного оборудования для ГСН и эксплуатационные требования к нему», обозначив их п. 10.

п. 10) магистраль слива СУГ из автомобильного газового баллона, включающую:

- тройник со скоростным клапаном;
- вентиль слива газа;
- ВЗУ без обратного клапана;
- газопровод, последовательно соединяющий эти устройства.

В п. «5.1. Режимы технического обслуживания и текущего ремонта газовой аппаратуры» необходимо внести рекомендации по методике проведения обслуживания ГБА, оснащенных магистралью слива СУГ из автомобильного газового баллона:

- при ЕО проверить герметичность соединения магистрали слива СУГ с расходной магистралью. Очищать при необходимости ВЗУ без обратного клапана от пыли и грязи;

- при ТО-1 проверить герметичность соединения магистрали слива СУГ с

расходной магистралью при помощи мыльного раствора;

- при ТО-2 выполнить работы ТО-1, а также снять, очистить и установить на место тройник и вентиль слива газа, проверить работоспособность скоростного клапана.

Порядок слива СУГ из автомобильного газового баллона необходимо внести в п. «5.1.2. Слив сжиженного нефтяного газа из газового баллона» в следующей редакции:

Порядок удаления газа из баллона:

- подсоединить к ВЗУ пистолет со шлангом для подачи в газовый баллон давления (азот, природный газ), превышающего на 1,5-2 атм. давление паровой фазы в сливном резервуаре;
- к ВЗУ магистрали слива подсоединить пистолет со шлангом для слива СУГ;
- открыть вентиль магистрали слива и вентили вытеснительной системы;
- открыть вентиль подачи природного газа в баллон и удалить жидкую фазу газа из баллона в сливной резервуар;
- закрыть вентиль подачи природного газа и вентили сливного резервуара и вытеснительной системы;
- отсоединить пистолет для подачи природного газа;
- открыть вентиль на продувочную свечу и удалить остатки паров СУГ до давления в баллоне не превышающего 0,1 МПа;

- закрыть вентиль на продувочную свечу и вентиль магистрали слива и отсоединить пистолет для слива СУГ.

Необходимо внести в п. «5.2.2. Пост слива газа» «Варианты технологических схем постов слива СУГ на АГЗС и АТП», представленные в статьях [7, 8].

### Выводы

1. На основании выполненных исследований в области эксплуатации ГБА разработаны дополнения в нормативно-техническую документацию.

2. Рекомендуемые дополнения в нормативно-техническую документацию для ГБА, работающих на СУГ, позволяют в полной мере проектировать, изготавливать, оборудовать автомобили в газобаллонные, эксплуатировать и обслуживать ГБА.

3. Для совершенствования нормативной базы в области эксплуатации ГБА организациям, занятым переоборудованием автотранспортных средств в газобаллонные, а также обслуживанием ГБА следует разрабатывать собственные стандарты организации с учетом рекомендуемых дополнений.

### Библиографический список

1. О регулировании отношений в сфере использования газового моторного топлива: распоряжение Правительства РФ от 13.05.2013 № 767-Р // Собрание законодательства РФ. – 2013. – № 20. – Ст. 2551.

2. Перечень поручений Президента РФ по итогам совещания по вопросу расширения использования газа в качестве моторного топлива 14.05.2013 № ПР-1298 // Транспорт на альтернативном топливе: Международный научно-технический журнал. – 2013. – №5. – С. 3-5.

3. Толстомятов, В.В. О законодательстве в сфере газомоторного топлива / В.В. Толстомятов // Сборник материалов совместного заседания Экспертного совета при Комитете Государственной Думы по промышленности по развитию предприятий ОПК и Комитета при Бюро ЦС по тракторному, сельскохозяйственному, лесозаготовительному, коммунальному и дорожно-строительному машиностроению Союза машиностроителей России. Государственная Дума Федерального Собрания РФ. – Москва, 17 сентября 2013. – С. 15 – 16.

4. О техническом регулировании: федеральный закон РФ от 27.12.2002 № 184-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 2002. – № 52 ч.1. – Ст. 5140.

5. Руководство по организации эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. – 2005. – №4, 5, 6.

6. Ерохов, В.И. Газобаллонные автомобили (конструкция, расчет, диагностика): учебник для вузов / В.И. Ерохов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2012. – 598 с.

7. Певнев, Н.Г. Пост слива газа на АГЗС и определение технологических параметров слива газа из автомобильных баллонов / Н.Г. Певнев, Э.Р. Раенбагина // Транспорт на альтернативном топливе: Международный научно-технический журнал. – 2010. – № 4. – С. 46-50.

8. Певнев, Н.Г. Организация поста слива газа при АТП / Н.Г. Певнев, Э.Р. Раенбагина // Транспорт на альтернативном топливе: Международный научно-технический журнал. – 2010. – № 5. – С. 15-17.

### IMPROVING THE REGULATIONS FOR THE PRODUCTION AND SAFE OPERATION OF THE GAS AUTOMOBILE

N.G. Pevnev, E.R. Raenbagina

**Abstract.** The article analyzes the normative and technical documentation, regulatory requirements for facilities using liquefied petroleum gas (LPG). Normative and technical documentation states that for maintenance and current repair of gas automobile is necessary (obligatory) to carry overflow of gas cylinder from the car in a specially equipped plum posts. In connection with the modernization of design safety valves shut-off of gas cylinders carry overflow of gas according to the requirements of technical standards is impossible. Thus, it is required to develop additions to the existing normative and technical documentation concerning the design of gas-cylinder equipment, its manufacturing, conversion of gas-cylinder cars and their maintenance. Developed additions to the normative and technical documentation in the form of a standard approved by the organization on the basis of the results of the research, guided by the requirements of Article 17 of the Federal Law № 184-FZ "On Technical Regulation". Standard organization should be designed for the installation of drain pipe in the power supply system of gas automobile providing draining gas from the cylinder, as well as the implementation processes of technical operation of gas automobile. Standard organizations developed and approved by one organization can be used by another organization under contract with the approved its organization.

**Keywords:** the gas automobile, technical operation, overflow of gas, regulations.

### References

1. O regulirovanii otnoshenij v sfere ispol'zovanija gazovogo motornogo topliva: rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 13.05.2013 № 767-R [On regulation of the relations in the sphere of use of gas motor fuel: order of the Government of the Russian Federation of 13.05.2013 No. 767-P]. *Sobranie zakonodatel'stva RF*, 2013, no 20. St. 2551.
  2. *Perechen' poruchenij Prezidenta RF po itogam soveshhanija po voprosu rasshirenija ispol'zovanija gaza v kachestve motornogo topliva 14.05.2013 no PR-1298* [The list of orders of the Russian President following the results of meeting on a question of expansion of use of gas as motor fuel 14.05.2013 No. PR-1298]. *Transport na al'ternativnom toplive: Mezhdunarodnyj nauchno-tehnicheskij zhurnal*, 2013, no 5. pp. 3-5.
  3. Tolstopjatov V.V. O zakonodatel'stve v sfere gazomotornogo topliva [About the legislation in the field of motor fuel]. *Sbornik materialov sovmestnogo zasedanija Jekspertnogo soveta pri Komitete Gosudarstvennoj Dumy po promyshlennosti po razvitiyu predpriyatij OPK i Komiteta pri Bjuro CS po traktornomu, sel'skohozjajstvennomu, lesozagotovitel'nomu, kommunal'nomu i dorozhno-stroitel'nomu mashinostroeniju Sojuza mashinostroitelej Rossii. Gosudarstvennaja Duma Federal'nogo Sobranija RF*. Moscow, 2013, pp. 15-16.
  4. O tehničeskom regulirovanii: federal'nyj zakon RF ot 27.12.2002 № 184-FZ [On technical regulation: federal law of the Russian Federation of 27.12.2002 No. 184-FZ]. *Sobranie zakonodatel'stva RF*, 2002, no 52 ch.1. pp. 5140.
  5. *Rukovodstvo po organizacii jekspluatacii gazoballonnyh avtomobilej, rabotajushhih na szhizhenom nefťjanom gaze* [Manual organization operating natural gas vehicles running on liquefied petroleum gas]. *AvtoGazoZapravochnyj Kompleks + Al'ternativnoe toplivo*, 2005, no 4, 5, 6.
  6. Erohov V.I. *Gazoballonnye avtomobili (konstrukcija, raschet, diagnostika)* [Gas-cylinder cars (design, calculation, diagnostics)]. Moscow, Gorjachaja linija – Telekom, 2012. 598 p.
  7. Pevnev N.G., Raenbagina E.R. *Post sliva gaza na AGZS i opredelenie tehnologičeskikh parametrov sliva gaza iz avtomobil'nyh ballonov* [Post overflow of gas on the AGFS and decision of technologic parameters overflow of gas from the car's balloon]. *Transport na al'ternativnom toplive*, 2010, no 4. pp. 46-50.
  8. Pevnev N.G., Raenbagina E.R. *Organizacija posta sliva gaza pri ATP* [Organize post overflow of gas on the motor transportation enterprise]. *Transport na al'ternativnom toplive*, 2010, no 5. pp. 15-17.
- Певнев Николай Гаврилович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: eira\_254@mail.ru).*
- Раенбагина Эльмира Рашидовна (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры "Эксплуатация и ремонт автомобилей" ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: elfs2004@yandex.ru)*
- Pevnev Nikolay Gavrilovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical science, professor of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5 e-mail: eira\_254@mail.ru).*
- Rayenbagina Elmira Rashidovna (Russian Federation, Omsk) – senior teacher of "Operation and Car Repairs" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: elfs2004@yandex.ru).*

УДК 629.471

## КОМПЛЕКСНАЯ ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКА ОАО «РЖД»

П.Н. Рубежанский<sup>1</sup>, А.В. Давыдов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ОАО «РЖД», Россия, г. Москва;

<sup>2</sup>СГУПС, Россия, г. Новосибирск.

**Аннотация.** Авторами предложена комплексная программа объединения в единую систему всех процессов жизненного цикла локомотивов, способствующая сокращению издержек, связанных в первую очередь с эксплуатацией и обслуживанием локомотивного парка ОАО «РЖД». Основным показателем данной комплексной системы является уровень готовности технического изделия, определяемый коэффициентом готовности. Выработанная методология позволит перейти от технологии фиксирования технических отказов, с последующим выявлением их причин и проведением восстановительных работ, к технологии прогнозирования и предупреждения этих отказов, основанной на постоянном контроле технического состояния локомотивов и прогнозирования запаса ресурса в режиме «Online».

**Ключевые слова:** комплексное депо, логистическая поддержка управления, информационные потоки, технология телеметрических систем, сервисное обслуживание.

### Введение

Комплексная программа реорганизации и развития отечественного локомотивостроения, организации ремонта и эксплуатации тягового подвижного состава была утверждена решением Коллегии МПС России в 2001 году с целью снижения издержек на обслуживание ремонт тягового подвижного состава и повышение эффективности эксплуатационной на протяжении всего жизненного цикла локомотива (Указание МПС от 9.10.2001 № Е-1698у).

В данной Программе были заложены основы специализации локомотивных депо по типам локомотивов, видам ремонта, отдельных эксплуатационных депо и создание вертикали управления локомотиворемонтным комплексом.

В современных условиях локомотивный комплекс один из ведущих секторов ОАО «РЖД» объединяет в себе элементы, представленные на рисунке 1.

В состав локомотивного комплекса входят следующие элементы: – дирекция тяги – филиал ОАО «РЖД», в составе которой 16

региональных дирекций - структурных подразделений Дирекции и 146 эксплуатационных локомотивных депо; дирекция по ремонту тягового подвижного состава – филиал ОАО «РЖД», 17 региональных дирекций по ремонту тягового подвижного состава – структурных подразделений Дирекции, 113 ремонтных локомотивных депо; проектно-конструкторское бюро локомотивного хозяйства - филиал ОАО «РЖД»; сервисные и локомотиворемонтные структуры: ООО «ТМХ–Сервис» с 9 филиалами; ОАО «Желдорреммаш» с 10 заводами по капитальному и среднему ремонту тягового подвижного состава; ООО «СТМ – Сервис» с 5 управлениями сервиса.

Под эти реформенные преобразования разработана и введена в действие нормативно-правовая документация (564 документа), регламентирующая порядок работы и взаимодействия созданных структур, определены целевые функции и задачи региональных дирекций, распределены уровни ответственности всех участников перевозочного процесса [1,2].

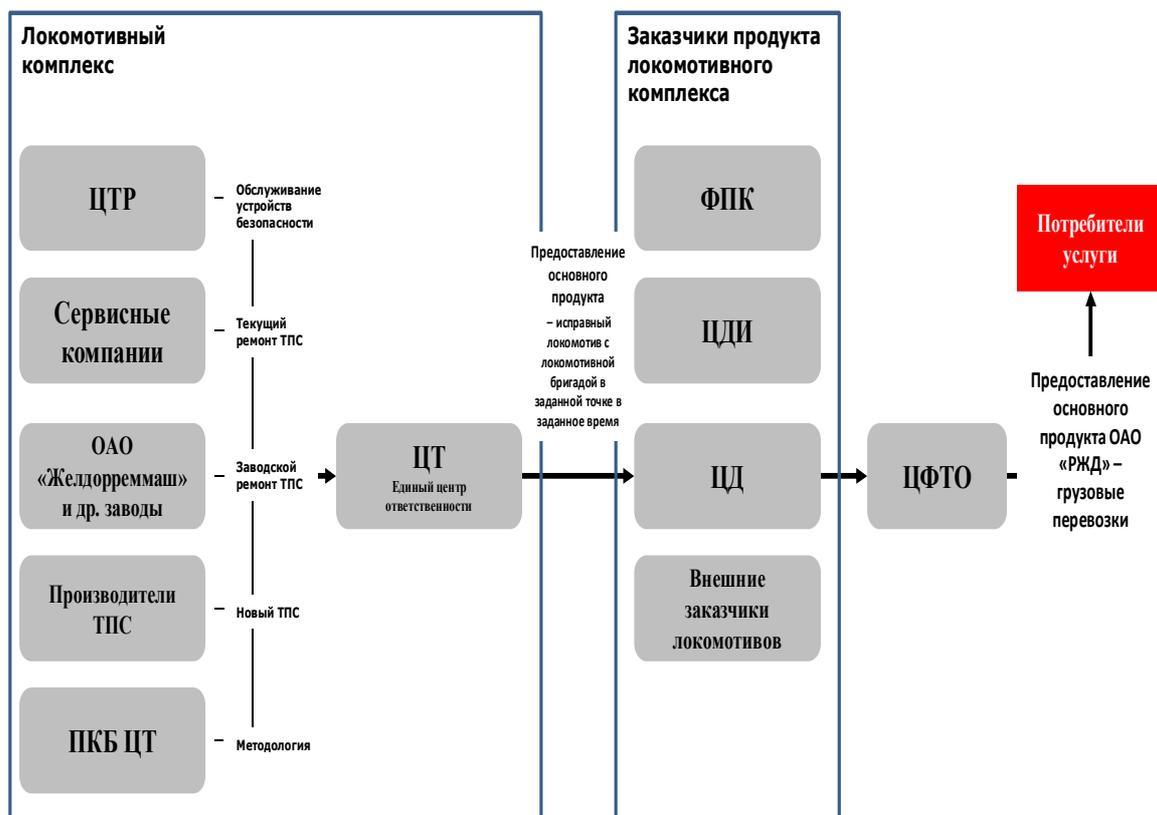


Рис. 1. Структура функционирования локомотиворемонтного производственного процесса

### Реформирование локомотивного хозяйства

К реализации комплексной программы реформирования локомотивного хозяйства МПС РФ приступили в 2008 году с разработки «Система сервисного обслуживания локомотивного парка ОАО «РЖД». В то же время были predeterminedены основные принципы функционирования данной системы сервисного обслуживания (рис. 2) на основе создания функциональной модели полного сервисного обслуживания. При этом переход к реализации Программы полного сервисного обслуживания должен быть осуществлен поэтапно. В связи с отсутствием опыта и операционных рисков, возникающих в результате перехода к модели сервисного обслуживания, на первом этапе было решено опробовать модель частичного сервисного обслуживания, в котором акцентировалось внимание на своевременном обеспечении качественными запасными частями и на контроль соблюдения технологии ремонта локомотивов.

Первый пилотный проект применения модели частичного сервисного обслуживания был реализован в 2010 году, когда на

сервисное обслуживание в ООО «ТМХ-Сервис» были переданы 187 электровозов серии 2ЭС5К «Ермак» и ВЛ85 в локомотивных ремонтных депо Вихоревка и Нижнеудинск (распоряжение ОАО «РЖД» от 31.07.2010 №1668р.) Базовым показателем, характеризующим эффективность деятельности сервисной компании, был выбран коэффициент технической готовности (далее КТГ), отражающий фактически временной период, в течение которого локомотив находится в технически исправном состоянии и готов к осуществлению поездной работы [3,4].

До передачи на сервисное обслуживание склад запасных частей и материалов для локомотивов серии 2ЭС5К «Ермак» в ЦТР оценивался в 15 млн. рублей, после – 35 млн. рублей. Дополнительно ООО «ТМХ-Сервис» обеспечило формирование склада линейного локомотивного оборудования на сумму в 30 млн. рублей [5,6].

Для получения коммулятивного эффекта руководством «РЖД» было принято решение об укрупнении проекта и в 2011 году на сервисное обслуживание ООО «ТМХ-Сервис» было передано еще 1236 локомотивов. В

## ТРАНСПОРТ

структуры взаимодействия по реализации укрупненного проекта дополнительно вошли: ООО «СТМ-Сервис», сервисная компания ЗАО «Группа «Синара». И в целом количество локомотивов на сервисном обслуживании на 01.01.15 года количество локомотивов в системе сервисного обслуживания составляет 5 288 единиц подвижного состава.

В рамках данного проекта полного сервисного обслуживания, определенного решениями Координационного совета начальников железных дорог (пункт 3, протокол от 18 октября 2013 г. № КСН-4/пр), по результатам проведения аукционов на полное сервисное обслуживание локомотивного парка ОАО «РЖД» от 30 апреля 2014 года №284 его реализация перешла в две частные компании: ООО «СТМ-Сервис» и ООО «ТМХ-Сервис».



Рис. 2. Базовые принципы организации сервисного обслуживания тягового подвижного состава

Автор, являясь координатором данного проекта, определил дополнительные функции и мероприятия к данному проекту в части его реализации, к которым относятся: разработка и реализация системы информационной поддержки Комплексной системы; создание единого информационного пространства с применением спутниковых технологий диагностики фактического ресурса узлов и деталей локомотивов в эксплуатации; реализация информационных потоков, характеризующих техническое состояние подвижного состава и технологического

оборудования депо; разработка программного обеспечения управления информационными потоками; разработка алгоритмов выявления предотказного состояния и остаточного ресурса элементов подвижного состава, а также методологии повышения ресурса и износостойкости, в первую очередь, высоконагруженных элементов; разработка научно-методических и программно-технических решений, а также нормативно-справочных документов, обеспечивающих внедрение ИПИ-технологий на предприятиях и в организациях отрасли, в

том числе интерактивной документации; накопление статистических данных.

**Комплексное локомотивное депо**

Данный авторский проект получил условное наименование «Комплексное локомотивное депо». Так что такое комплексное депо? Это производственная структура организации и управления техническим обслуживанием и ремонтов приписного локомотивного парка «РЖД» для осуществления их эффективной эксплуатации на основе интегрированной информационной среды образованной в результате мониторинга и диагностики технического состояния транспортных средств [2,7].

Мониторинг и контроль параметров основан на технологиях построения телеметрических систем космических аппаратов, которые обеспечивают сбор информации о техническом состоянии объекта контроля с накоплением статистической информации на локальных серверах, с последующей передачей этой информации для анализа и принятия решений в центр логистической поддержки

[8]. Использование спутниковых каналов связи и передачи данных в труднодоступных районах позволит обеспечить передачу необходимых диагностических данных в режиме реального времени, что дает возможность эффективно управлять процессом эксплуатации тепловозов и электровозов, а использование спутниковых навигационных систем позволит не только осуществлять контроль их местоположения, но и осуществлять привязку значений диагностических параметров к условиям эксплуатации транспортных средств (рис.3 [8, 9]). Это даст возможность разработать технологию оценки остаточного ресурса диагностируемых деталей, делать оценки рисков отказов с учетом ресурса основных блоков, а, следовательно, делать оценки будущего состояния надежности и безопасности. Кроме того, это позволит формировать модели, описывающие управление функционированием, с точки зрения теории автоматизированного управления, а также выработку управляющих воздействий, которые приведут к устойчивому функционированию локомотивов.

Структура комплексного депо на примере дирекции БАМ (депо Тынды)

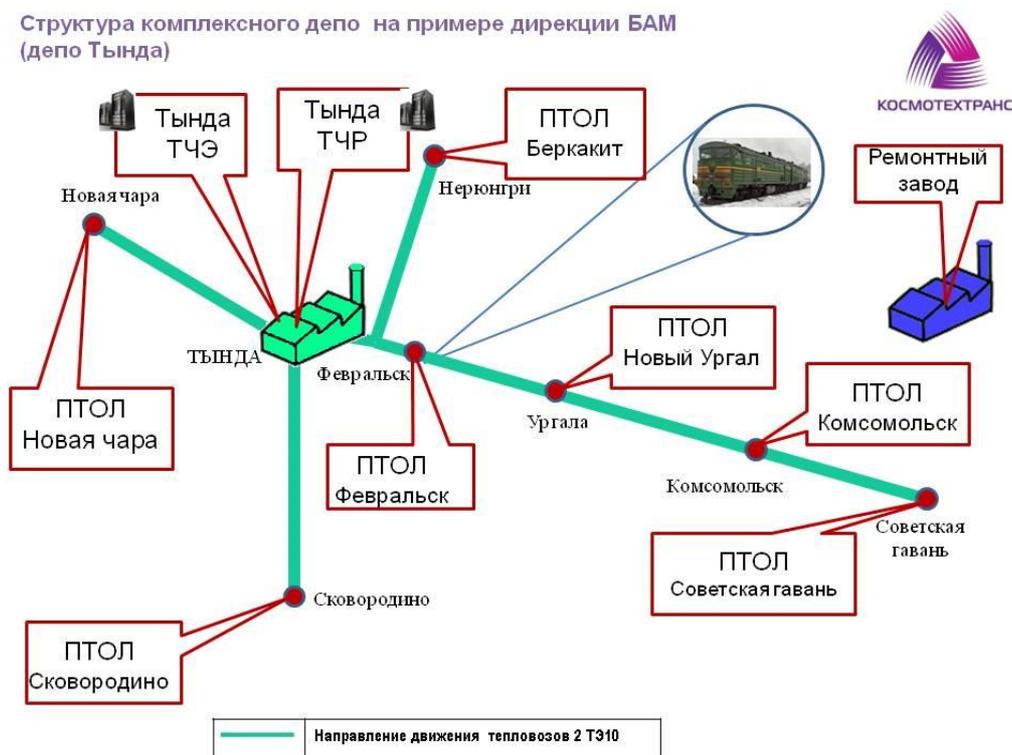


Рис. 3. Комплексное депо Байкало-Амурской дирекции по ремонту тягового подвижного состава

Именно для такой структуры комплексного депо Тында, включающей («локомотивы – ремонтное депо – ПТОЛы – ремонтный завод»), предлагается реализация

пилотного проекта, что позволит охватить и информационно связать жизненный цикл приписного парка локомотивов Байкало-Амурской дирекции (рис.4).

Схема информационных потоков о техническом состоянии локомотивов (депо Тында)

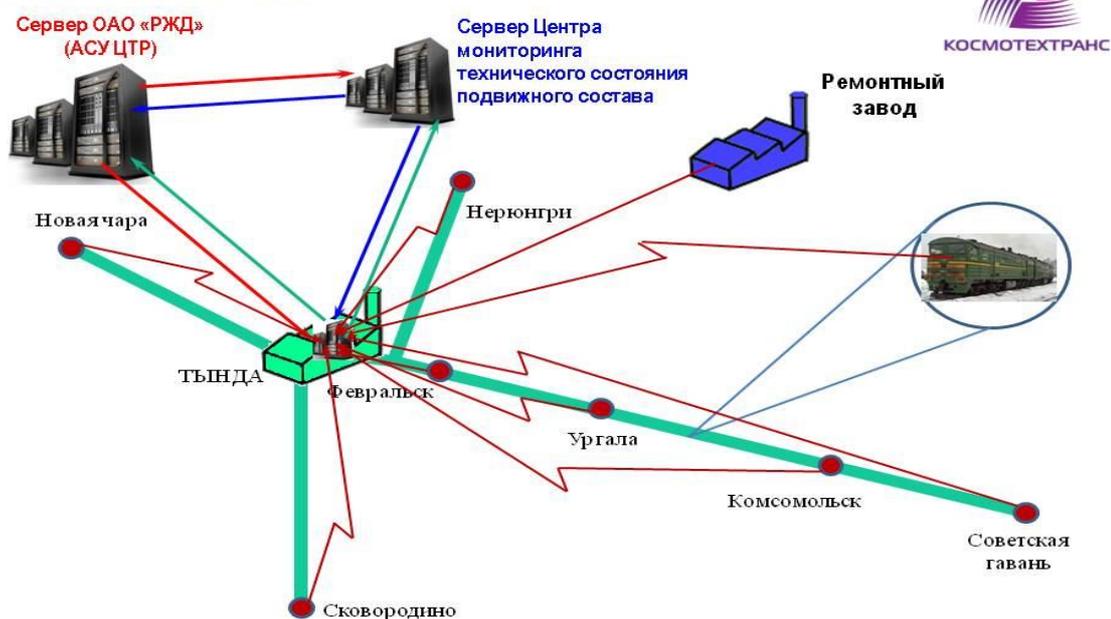


Рис. 4. Схема информационных потоков о техническом состоянии локомотивов

Целевой функцией данной системы является преобразование этапов эксплуатации локомотивов в высокоавтоматизированный процесс, интегрированный путем информационного взаимодействия всех его участников, поэтому центральным звеном «Комплексной системы» является центр логистической поддержки (ЦЛП). Интегрированная логистическая поддержка жизненного цикла технических изделий (по ГОСТу Р 53393-2009) это совокупность видов инженерной деятельности, реализуемых посредством управленческих, инженерных и информационных технологий, ориентированных на обеспечение высокого уровня готовности изделий, при одновременном снижении затрат, связанных с их эксплуатацией и обслуживанием, которые являются значительной, а иногда и определяющей частью стоимости жизненного цикла изделия.

В качестве такого центра предлагается использовать центр мониторинга с уже

разработанной нами информационной системой, способной концентрировать в себе данные, полученные от бортовых средств контроля, обрабатывать и предоставлять их в удобном для пользователя виде (рис. 5). Данная информационная система имеет возможность к расширению ее функций для реализации сбора диагностической информации при углубленном диагностировании переносными и стационарными средствами.

### Заключение

В центре мониторинга технического состояния (ЦТМ, рис. 5) по специальным алгоритмам, разработанным авторами, будет осуществляться обработка всей информации о техническом состоянии локомотивов приписного парка депо, которая по радиоканалам поступает как при эксплуатации, так и при осуществлении технического обслуживания и ремонта локомотивов в депо, а также при осуществлении ремонта на заводе [5,9,10].

Структура Центра мониторинга технического состояния подвижного состава

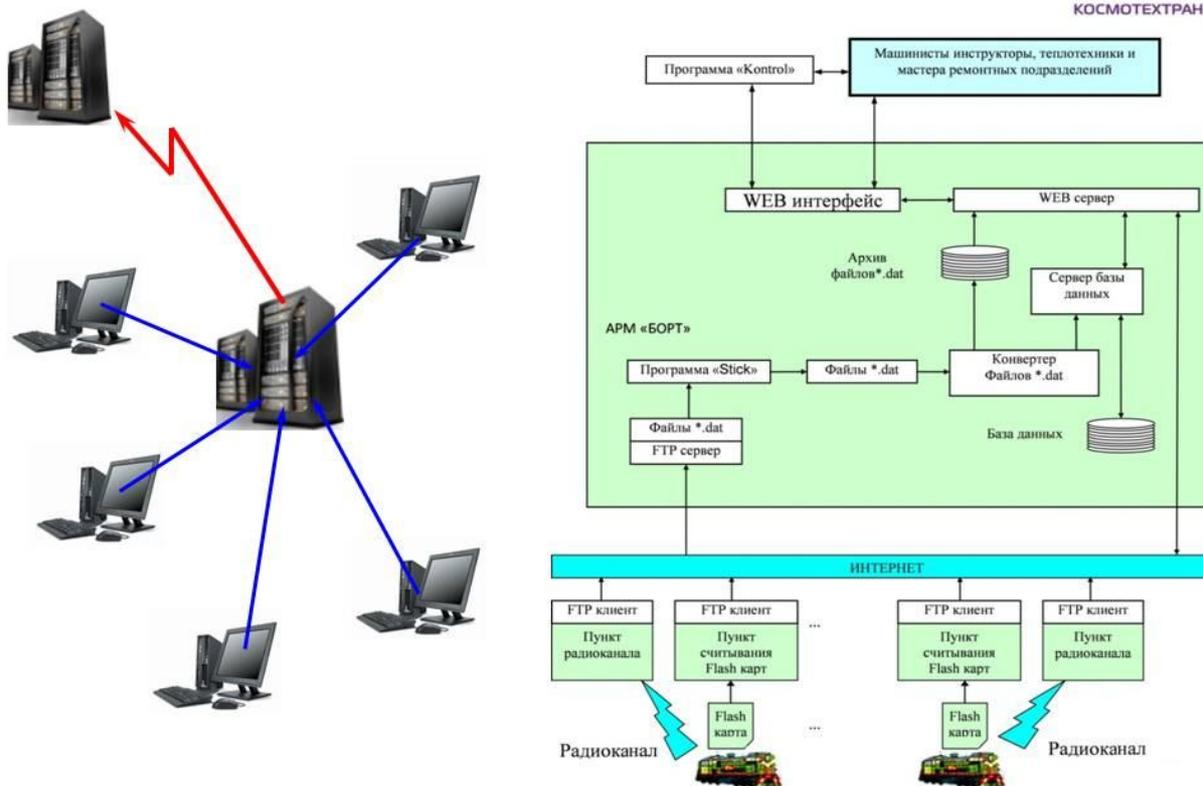


Рис. 5. Функциональная схема мониторинга диагностики локомотива

На основе сформированной статистической информации вырабатываются управленческие решения, позволяющие перейти от технологии фиксирования технических отказов, с последующим выявлением их причин и проведением восстановительных работ, к технологии прогнозирования и предупреждения этих отказов, основанной на постоянном контроле технического состояния локомотивов и прогнозирования запаса ресурса, определяя в итоге необходимость и объем очередного цикла технического обслуживания или ремонта.

**Библиографический список**

1. Давыдов, А.В. Методические подходы к измерению показателей системы управления перевозочным комплексом / А.В. Давыдов, П.Н. Рубежанский // Транспорт Урала. УрГУПС. – 2010. – №1. – С. 19-22.
2. Рубежанский, П.Н. Надежность и эффективность системы управления перевозочным процессом / П.Н. Рубежанский // Экономика железных дорог. – 2013. – №8. – С. 81-87.

3. Белов, В.С. Информационно-аналитические системы. Основы проектирования и применения: Учеб. пособие / В.С. Белов. – М.: МЭСИ. 2008. – 250 с.
4. Макаров, Г.Н. Теория экономических информационных систем: Учеб. пособие / Г.Н. Макаров. – Смоленск: СГУ. 2008. – 49 с.
5. Рубежанский, П.Н. Методы повышения эффективности организации локомотиворемонтной деятельности холдинга "Российские железные дороги" / П.Н. Рубежанский // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск. НГАВТ. – 2014. – № 3. – С. 60-65.
6. Рубежанский, П.Н. Особенности качества перспективного планирования в транспортных системах Алтайского края / П.Н. Рубежанский, А.И. Колпаков // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск. НГАВТ. 2014. – №1-2. – С. 58-61.
7. Бубнова, Г.В. Корпоративная система управления маркетингом / Г.В. Бубнова. – М.: МИИТ, 2006. – 228 с.
8. Бубнова, Г.В. Информационные технологии, системы анализа, оценки, прогнозирования и управления работой ОАО "РЖД" на рынке транспортных услуг / Г.В. Бубнова, М.М. Ковшова, А.М. Тюфаев. – Под редакцией Г.В. Бубновой. – М.: МИИТ, 2005. – 208 с.

9. Гапанович, В.А. Прогрессивные технологии обеспечения безопасности движения поездов и сохранности перевозимых грузов / В.А. Гапанович, И.И. Галиев, В.П. Ключа. – М.: ГОУ "Учебный методический центр по образованию на ж.-д. транспорте", 2008. – 220 с.

10. Бубнова, Г.В. Модели управления маркетингом грузовых перевозок: монография / Г.В. Бубнова. – М.: Маршрут. 2003. – 256 с.

### COMPREHENSIVE PROGRAM OF INCREASE OF EFFICIENCY OF LOCOMOTIVE PARK JSC RZHD

P.N. Rubezhanskiy, A.V. Davydov

**Abstract.** The authors propose a comprehensive program of unification into a single system all processes of the life cycle of locomotives that reduce costs associated primarily with the operation and maintenance of a locomotive fleet of JSC "Russian Railways". The main indicator of this complex system is the level of technical readiness of the product, determined by availability. The developed methodology will allow to move from a technology fixation to a technical failure, with subsequent identification of their causes and recovery, technologies of prediction and prevention of these failures is based on the constant control of technical condition of locomotives and forecasting of the stock of the resource in the Online mode.

**Keywords:** complex depot, logistic support of management, information streams, technology of telemetric systems, service

### References

1. Davydov A.V., Rubezhanskiy P.N. Metodicheskie podhody k izmereniju pokazatelej sistemy upravlenija perevozochnym kompleksom [Methodological approaches to the measurement of the control system of the transport complex]. *Transport Urala. UrGUPS*, 2010, no 1. pp. 19-22.

2. Rubezhanskiy P.N. Nadezhnost' i jeffektivnost' sistemy upravlenija perevozochnym processom [The reliability and effectiveness of the system of traffic control. The economy of Railways]. *Jekonomika zheleznyh dorog*, 2013, no 8, pp. 81-87.

3. Belov V.S. *Informacionno-analiticheskie sistemy. Osnovy proektirovanija i primenenija* [Information-analytical system. Fundamentals of design and application]. Moscow, MJeSI. 2008. 250 p.

4. Makarov G.N. *Teorija jekonomicheskijh informacionnyh sistem* [The theory of economic information systems]. Smolensk: SGU. 2008. 49 p.

5. Rubezhanskiy P.N. *Metody povyshenija jeffektivnosti organizacii lokomotivo-remontnoj dejatel'nosti holdinga "Rossijskie zheleznye dorogi"* [Methods of increasing the efficiency of the organization of locomotive-repairing activities of the

holding company "Russian Railways"]. *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka. Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka*. Novosibirsk. NGAVT, 2014, no 3. pp. 60-65.

6. Rubezhanskiy P.N., Kolpakov A.I. Osobennosti kachestva perspektivnogo planirovanija v transportnyh sistemah Altajskogo kraja [The quality features of perspective planning in transport systems Altay territory]. *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka*. Novosibirsk. NGAVT. 2014, no 1-2. pp. 58-61.

7. Bubnova G.V. *Korporativnaja sistema upravlenija marketingom* [Corporate system of marketing management]. Moscow, MIIT, 2006. 228 p.

8. Bubnova G.V., Kovshova M.M., Tjufaev A.M. *Informacionnye tehnologii, sistemy analiza, ocenki, prognozirovaniya i upravlenija rabotoj OAO "RZhD" na rynke transportnyh uslug* [Information technology, system analysis, evaluation, prediction and control of JSC "RZD" on the transport services market]. Pod redakciej G.V. Bubnoj. Moscow, MIIT, 2005. 208 p.

9. Gapanovich V.A., Galiev I.I., Kljuka V.P. *Progressivnye tehnologii obespechenija bezopasnosti dvizhenija poezdov i sohrannosti perevozimyh грузов* [Advanced technology ensure without danger of trains and the safety of the goods transported]. Moscow, GOU "Uchebnyj metodicheskij centr po obrazovaniju na zh.-d. transporte", 2008. 220 p.

10. Bubnova G.V. *Modeli upravlenija marketingom gruzovyh perevozok* [Model of marketing management of freight transport]. Moscow, Marshrut. 2003. 256 p.

*Рубежанский Петр Николаевич (Россия, г. Москва) – кандидат экономических наук, советник президента компании ОАО «РЖД» по экономике; компания ОАО «РЖД»(e-mail: kyzylasov@yandex.ru).*

*Давыдов Анатолий Вячеславович (Россия, г. Новосибирск) – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой «Экономика транспорта» Сибирского государственного университета путей сообщения (630049, ул. Дуси Ковальчук, 19, e-mail: Davydov@stu.ru).*

*Rubezhansky Pyotr Nikolaevich (Russia, Moscow) – candidate of economic sciences, the adviser to the president of the JSC RZHD company for economy; JSC RZHD company (e-mail: kyzylasov@yandex.ru).*

*Davydov Anatoly Vyacheslavovich (Russia, Novosibirsk) – doctor of economics, professor, the department chair "Transport economics" of the Siberian state university of means of communication (630049, Dusa Kovalchuk St., 19, e-mail: Davydov@stu.ru).*

# РАЗДЕЛ III

## СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 620.17:666.972

### ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА КАК СОПРОТИВЛЕНИЕ РАЗРУШЕНИЮ

Ю.В. Краснощёков, Р.А. Галузина  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** Существуют определенные противоречия между теориями разрушения и прочности бетона, обусловленные специфическими свойствами этого материала и их влияния на процесс разрушения при любых напряженных состояниях. В статье анализируется противоречие между теориями разрушения и прочности бетона, заключающееся в разной оценке значимости сопротивлений сжатию и растяжению. Для уточнения соотношений между сопротивлениями бетона сжатию и растяжению авторы обращаются к методу компьютерного моделирования. Приведены результаты исследования напряженно-деформированного состояния опытных образцов.

**Ключевые слова:** прочность бетона, сопротивление разрушению, напряженное состояние, теории и критерии прочности.

#### Введение

Считается, что существуют два типа разрушения: путем отрыва и путем сдвига. Разрушение путем отрыва связывают с действием растягивающих напряжений или деформаций, а разрушение путем сдвига – с действием касательных напряжений. Возможность разрушения материалов путем отрыва, неоднократно подтвержденная опытами, до сих пор не подвергалась каким-либо сомнениям. Наоборот, в последнее время многие ученые были склонны приписывать отрыву вообще все случаи разрушения материалов, особенно хрупких [1]. В каменных материалах, в том числе и бетоне, оба типа разрушения происходят, как правило, хрупко и внезапно.

Любое разрушение бетона начинается с образования трещин, в том числе в результате действия сжимающих. Например, при сжатии бетонных призм разрушение начинается с появления трещин, параллельных направлению усилия и перпендикулярных к направлению растяжения и завершается отделением частиц материала друг от друга. Причиной такого разрушения (путем отрыва) являются *растягивающие нормальные напряжения или деформации удлинения*. Иногда разрушение сжимаемого бетона носит более сложный характер. При сжатии кубов разрушение может происходить по площадкам, наклоненным к направлению сжимающей нагрузки, и причиной его являются одновременно нормальные и касательные напряжения, разви-

вающиеся на наклонных площадках вследствие влияния сил трения между бетоном и плитами пресса. Чрезвычайная опасность хрупкого разрушения, связанного с образованием трещин требует более точной оценки прочностных свойств в виде сопротивлений *растяжению или сдвигу*.

Несмотря на то, что прочность материала характеризует его способность сопротивляться разрушению, т.е. действию растягивающих усилий, основным показателем прочности бетона в железобетонных конструкциях является осевая прочность на *сжатие*.

Таким образом, в логической цепочке «прочность – сопротивление разрушению – разрушение отрывом – преодоление сопротивления растяжению – показатель прочности на сжатие» явно выпадает последнее звено. В этом и заключается противоречие теорий разрушения и прочности бетона. На практике это противоречие обычно не проявляется, поскольку существуют простые методы определения прочностных свойств бетона и апробированы эмпирические зависимости между сопротивлениями на сжатие и растяжение. Но теории должны быть свободны от каких-либо несоответствий и чтобы их устранить, следует ответить на вопрос – может ли быть сопротивление растяжению главным показателем прочности бетона в конструкциях зданий и сооружений.

Необходимость устранения несоответствий теорий разрушения и прочности важна не

только для правильной оценки прочности бетонных, но и железобетонных конструкций с арматурой, ориентированной по направлению сжимающего усилия. Так как разрушение бетона сжатых зон элементов происходит от действия растягивающих напряжений в поперечном направлении, усиление бетона продольной арматурой может быть неэффективным.

Определенный шаг по решению поставленной проблемы сделали авторы новых норм проектирования железобетонных конструкций. Они отмечали, что главная цель усовершенствования методов расчета и конструирования железобетонных конструкций заключается в том, чтобы эти методы основывались на расчетных моделях, освобожденных от излишнего эмпиризма и учитывающих физический характер работы элементов [2]. Для достижения этой цели удалось упростить и уточнить многие модели, но физический характер разрушения бетона, подтвержденный экспериментально, в расчетных моделях учитывается не всегда.

Цель данного исследования – выявление возможности оценки сопротивления растяжению (разрушению) при сжатии опытных образцов.

**Прочность бетона как сопротивление разрушению**

Процесс разрушения бетона зависит от силового воздействия нагрузки и характера напряженного состояния. Зачастую характер напряженного состояния весьма сложный, но во всех случаях прочность бетона оценивается и нормируется значениями сопротивлений, полученными при одноосном сжатии или растяжении. Чтобы обеспечить надежность конструкций в таких условиях, в нормы проектирования приходится вводить многочисленные коэффициенты условия работы, физический смысл которых не всегда очевиден. В таблице 1 приведены примерные значения коэффициентов условия работы  $\gamma_d$  при некоторых силовых воздействиях в зависимости от сопротивления сжатию  $R$  стандартных кубиков [3] (в скобках указаны значения переходных коэффициентов  $K$ , рекомендуемые ГОСТ [4]).

Таблица 1 – Примерные значения коэффициентов условия работы

Вид напряженного состояния	$\gamma_d (K)$
сжатие кубов	1 (1)
сжатие призм	0,7 – 0,8
сжатие цилиндров	0,8 – 0,9
сжатие при изгибе	0,9 - 1
осевое растяжение	0,05 – 0,1 (0,07)
растяжение при раскалывании	(0,08)
растяжение при изгибе	0,1 – 0,18 (0,12)
чистый срез	0,15 – 0,3
скалывание	0,1 – 0,2

Как видно из таблицы, показатели прочности бетона, особенно на сжатие, отличаются большим разнообразием и по сравнению с прочностью на растяжение диапазон значений показателей сжатия значительно больше. Известно, что прочность на сжатие зависит от многочисленных факторов, и единого подхода к назначению этого показателя для расчета железобетонных конструкций нет [5]. Кроме этого имеются серьезные расхождения по методам оценки этого параметра в нормах разных стран [6]. Следует отметить, что показатель «растяжение при раскалывании» введен только в 1990 г. Ранее в литературе упоминался показатель «скалывание», характеризовавший в большей степени прочность на срез при сложном напряженном состоянии [7].

Обобщенные характеристики прочности материалов принято представлять в виде предельных поверхностей разрушения, для построения которых требуется проведение

большого количества сложных экспериментов. Из-за разнообразия видов бетонов и большой неоднородности этого материала в настоящее время ощущается серьезный недостаток опытных данных. Поэтому на практике используют критерии прочности – упрощенные гипотезы разрушения при сложном напряженном состоянии. Согласно критериям прочности любое сложное напряженное состояние сводится к эквивалентному одноосному напряжению. Такой подход не только объясняет логику нормирования сопротивлений бетона, но и требует тщательного анализа напряженно-деформированного состояния опытных образцов с проверкой соответствия различных теорий прочности результатам испытаний по оценке сопротивлений. Детальная оценка напряженно-деформированного состояния при испытании натурных образцов практически невозможна, ввиду сложности установления величины напряжений в каждой

точке пространственного элемента, поэтому для решения этой задачи использованы компьютерные (численные) модели образцов.

Форму, размеры, вид, методы их испытания и расчета регламентирует ГОСТ 10180-2012 [4]. Для компьютерных моделей приняты стандартные размеры бетонных кубов 150×150×150 мм и призм 150×150×400 мм. При моделировании применены универсальные пространственные восьмиузловые изопараметрические конечные элементы КЭ-36 в ПК «Лира». Приняты характеристики бетона с начальным модулем упругости  $E_b = 30000$  МПа и коэффициентом Пуассона  $\nu = 0,2$ . Загружение образцов выполнялось равномерно распределенной нагрузкой, соответствующей кубиковой  $R$  и призмной  $R_b$  прочности бетона. Равномерность деформирования сжатия обеспечивалась стальной пластиной толщиной 5 см в уровне верхних узлов образцов. Влияние трения по плоскостям кон-

такта бетона с плитами прессы учитывали закреплением верхних и нижних узлов в горизонтальном направлении.

В работе [1] показано, что опасное состояние материалов лежит на границе применения закона Гука (с известным, достаточным для практики приближением). Это позволяет рассматривать условия прочности в упругой стадии деформирования. При анализе результатов моделирования основное внимание обращено на величину напряжений  $\sigma_e$ , эквивалентных одноосному растягивающему напряжению в конечных элементах. Предполагается, что если во всех элементах продольных сечений образца  $\sigma_e \geq R_{bt}$ , то образуются трещины, которые могут привести к разрушению. На рисунке 1 показаны характерные изображения изополей эквивалентных напряжений  $\sigma_e$  опытного образца куба по различным теориям прочности

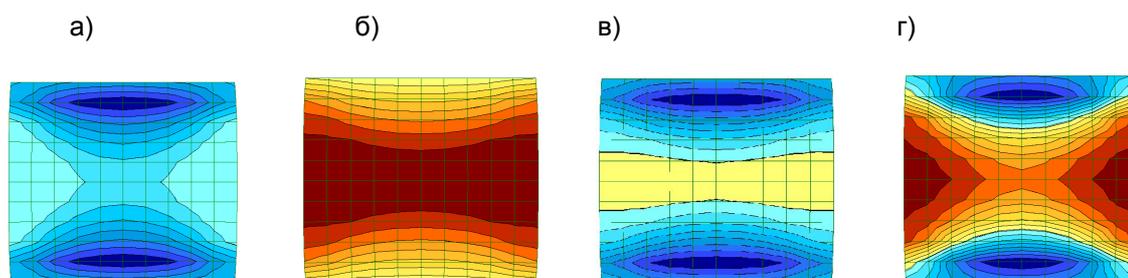


Рис. 1. Изополя эквивалентных напряжений  $\sigma_e$  опытного образца куба по теориям прочности: а) наибольших главных напряжений; б) Писаренко-Лебедева; в) Гениева; г) Мора

В таблице 2 приведены максимальные относительные значения напряжений, эквивалентных осевому растяжению  $\sigma_e$ , в массиве

бетона опытных образцов по различным теориям прочности, предусмотренных в среде ПК «Лира».

Таблица 2 – Результаты анализа напряженно-деформированного состояния моделей опытных образцов

Теория прочности	$\sigma_e/R$ в опытных образцах	
	Куб	Призма
Наибольших главных напряжений	< 0,01	< 0,01
Наибольших главных деформаций	0,2	0,16
Наибольших касательных напряжений	1,04	0,84
Энергетическая Губера-Хенки-Мизеса	1,04	0,84
Мора	0,08	0,07
Друккера-Прагера	0,08	0,07
Писаренко-Лебедева	0,38	0,32
Гениева (для железобетона)	0,06	-

В результате анализа напряженно-деформированного состояния бетона образца установлено:

- по теориям главных наибольших напряжений и деформаций разрушение опытных образцов происходит в результате действия наибольших сжимающих напряжений; в рабо-

те [1] отмечено, что обе эти теории являются теориями отрыва, но ни одна из них не является универсальной, т.е. пригодной во всех случаях разрушения отрывом;

- по теории наибольших касательных напряжений, энергетической теории Губера-Хенки-Мизеса и теории Писаренко-Лебедева в

образцах действуют растягивающее напряжение, относительные значения которых существенно превышают отмеченные в таблице 1;

- по теориям Мора и Друккера-Прагера относительные значения  $\sigma_e/R$  соизмеримы с отмеченными в таблице 1, причем напряжения, при котором возможно образование трещин в кубе, соответствуют растяжению при раскалывании, а в призме осевому растяжению.

Таким образом, расчеты показали, что наиболее предпочтительна для моделируемых образцов является теория Мора, хотя существует мнение о неприменимости к бетону классических теорий прочности [8].

На основе теории Мора выполнен анализ напряженно-деформированного состояния железобетонной призмы, армированной в углах продольными стержнями 4Ø20. В ПК «Лира» арматура моделировалась стержневыми конечными элементами.

При модуле упругости  $E_b = 30000$  МПа и сжимающих напряжениях в бетоне, соответствующих призмочной прочности, отношение  $\sigma_e/R = 0,08$ , как и для бетонной призмы. Однако напряжения в арматуре составили всего 56 МПа, что значительно меньше сопротивления стали.

При уменьшении  $E_b$  до значений, соответствующих предельным деформациям кратковременно нагруженного бетона, отношение  $\sigma_e/R$  незначительно увеличивается (до 10%), а напряжения в арматуре увеличиваются в обратном пропорциональной зависимости от  $E_b$ .

### Заключение

Разные темпы развития теорий разрушения и прочности бетона привели к определенным противоречиям в отношении значимости и соотношений сопротивлений разрушению, сжатию и растяжению. Компьютерное моделирование опытных образцов позволяет оценить соотношение сопротивлений сжатию и растяжению (разрушению). Результаты исследования могут быть полезными при совершенствовании теорий прочности бетона и железобетона.

### Библиографический список

1. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов / Н.М. Беляев. – М.: Наука, 1976. – 856 с.
2. Звездов, А.И. О новых нормах проектирования железобетонных и бетонных конструкций / А.И. Звездов, А.С. Залесов, Т.А. Мухамедиев, Е.А. Чистяков // Бетон и железобетон. – 2002. – №2. – С. 2-6.
3. Краснощеков, Ю.В. Прочность бетона при различных напряженных состояниях / Ю.В. Красно-

щеков, Р.А. Галузина. – М.: Стройиздат, 1972. – 600 с.

4. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Стандартиформ, 2013. – 30 с.

5. Краснощеков, Ю.В. Прочность бетона сжатых зон изгибаемых и внецентренно-загруженных железобетонных элементов / Ю.В. Краснощеков // Вестник СибАДИ. – 2006. – №4. – С. 130-133.

6. Колмогоров, А.Г. Расчет железобетонных конструкций по российским и зарубежным нормам / А.Г. Колмогоров В.С. Плевков. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2009. – 496 с.

7. Байков, В.Н. Железобетонные конструкции. Общий курс / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. – М.: Стройиздат, 1976. – 783 с.

8. Карпенко, Н.И. К построению общих критериев деформирования и разрушения железобетонных элементов / Н.И. Карпенко // Бетон и железобетон. – 2012. – №5. – 19-24.

### STRENGTH OF CONCRETE AS FRACTURE RESISTANCE

Yu.V. Krasnoschekov, R.A. Galuzina

**Abstract.** There are certain contradictions between theories of destruction and durability of concrete caused by specific properties of this material and their influence on process of destruction at any intense states. The article examines the contradiction between theory and fracture strength of the concrete, which consists in evaluating the significance of different compression and tension resistance. To clarify the relationship between the resistance of the concrete compression and tension-races authors refer to the method of computer simulation. We present results of a re-investigation of the stress-strain state of the prototypes.

**Keywords:** concrete strength, fracture resistance, stress, consisting of theory and strength criteria.

### Reference

1. Beljaev N.M. *Soprotivlenie materialov* [Strength of materials]. Moscow, Nauka, 1976. 856 p.
2. Zvezdov A.I., Zalesov A.S., Muhamediev T.A., Chistjakov E.A. O novyh normah proektirovaniya zhelezobetonnyh i betonnyh konstrukcij [About the new design standards jelly zobetonnyh and concrete structures]. *Beton i zhelezobeton*, 2002, no 2. pp. 2-6.
3. Krasnoschekov Ju.V., Galuzina R.A. Prochnost' betona pri razlichnyh naprjazhennyh sostojanijah []. Moscow, Strojizdat, 1972. 600 p.
4. GOST 10180-2012. *Betony. Metody opredelenija prochnosti po kontrol'nym obrazcam* [State standard 10180-2012. Concrete. Methods for determining the strength of the reference samples] Moscow, Standartinform, 2013. 30 p.
5. Krasnoschekov Ju.V. Prochnost' betona szhatyh zon izgibaemyh i vnecentrenno-zagruzhennyh zhelezobetonnyh jelementov [The strength of the concrete compression zone and bent eccentrically-loaded reinforced concrete elements]. *Vestnik SibADI*, 2006, no 4. pp. 130-133.

6. Kolmogorov A.G. Plevkov V.S. *Raschet zhelezobetonnyh konstrukcij po rossijskim i zarubezhnym normam* [Calculation of reinforced concrete structures on the Russian and international standards]. Tomsk: Izd-vo «Pechatnaja manufaktura», 2009. 496 p.

7. Bajkov V.N., Sigalov Je.E. *Zhelezobetonnye konstrukcii. Obshhij kurs* [Reinforced concrete structures. General Course]. Moscow, Strojizdat, 1976. 783 p.

8. Karpenko N.I. K postroeniju obshhix krite-riev deformirovanija i razrushenija zhelezobetonnyh jelementov [Construction of the general criteria of deformation and fracture of concrete elements]. *Beton i zhelezobeton*, 2012, no 5. pp. 19-24.

Краснощевков Юрий Васильевич (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Строительные конструкции»,

ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: uv1942@mail.ru).

Галузина Роксана Александровна (Россия, г. Омск) – магистрант, ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: galuzinaroksana@mail.ru).

Krasnoshchekov Yury Vasilyevich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, the associate professor, professor of Construction Designs chair, The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: uv1942@mail.ru).

Galuzina Roxana Aleksandrovna (Russian Federation, Omsk) – the undergraduate, The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: galuzinaroksana@mail.ru).

УДК 691.33

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ ПОВЫШЕННОЙ НЕПРОНИЦАЕМОСТИ

В.С. Лесовик<sup>1</sup>, Р.С. Федюк<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, г. Белгород;

<sup>2</sup>Дальневосточный федеральный университет, Россия, г. Владивосток.

**Аннотация.** В работе рассматриваются вопросы разработки композиционных вяжущих для получения бетона с повышенными характеристиками газо-, водо- и паропроницаемости. Исследованы процессы формирования композиционных материалов в порядке уменьшения масштабных уровней от макро- до наноструктурного. Предложены критерии для оптимизации количества дисперсной добавки в бетон. Теоретически изучены технологические особенности формирования гидратной структуры цементного камня. Спрогнозировано положительное влияние нанодисперсных добавок на структуру и физико-механические характеристики цементных композиционных материалов.

**Ключевые слова:** цементный камень, композиционное вяжущее, нанодисперсная добавка, непроницаемость, пористость.

#### Введение

Важнейшей задачей современности являются снижение энергоемкости получения эффективных строительных композитов, улучшение экологической обстановки, оптимизация системы «человек-материал-среда обитания». Эти проблемы характерны и для Дальневосточного региона Российской Федерации, приоритетное развитие которого является важнейшей государственной задачей.

Промышленность строительных материалов широко использует в качестве конструкционного материала бетон на цементном вяжущем и природных заполнителях; в то же время в Дальневосточном регионе в результате деятельности предприятий горнодобывающей промышленности и топливно-

энергетического комплекса образуются крупнотоннажные отходы золы и отсевов дробления на щебень горных пород различного состава.

Представляется необходимым оптимизация процессов структурообразования бетонных смесей за счет использования промышленных отходов, что позволит повысить прочностные характеристики и значительно снизить проницаемость композитов, применяемых в зданиях и сооружениях, где предъявляются повышенные требования к прочности (например в несущих железобетонных конструкциях зданий повышенной этажности) или при защите от сильно агрессивных сред (например, в инженерных подземных сооружениях, где необходима пониженная газо-, и

водопроницаемость. Это будет способствовать улучшению экологической обстановки в регионе за счет использования промышленных отходов.

Главной составной частью бетона, оказывающей решающее влияние на его свойства и эксплуатационные характеристики, является цементный камень. Основным его компонент – гидросиликаты кальция, образующие пространственную структуру, которая включает в себя непрореагировавшую часть цементных зерен, покрытых оболочкой из гидратных новообразований, а также межзерновое пространство, которое частично заполнено гидратными новообразованиями. Гидросиликаты кальция могут иметь разное строение. В частности, различают кристаллическое, полукристаллическое или аморфное строение. Кристаллическое строение имеют в основном гидросиликаты, образовавшиеся при тепловой и автоклавной обработке, а также при кристаллизации новообразований в порах и в межзерновом пространстве [1].

### Формирования композиционных материалов повышенной непроницаемости

Свойства композитов во многом зависят от структуры дисперсных систем, из которых они составлены [2]. Структурная прочность данной дисперсной системы, ее устойчивость, скорость разрушения и восстановления структуры практически всегда связаны между собой. Конгломератный строительный материал – бетон относится к классу композитов. Матричной субстанцией бетона, последовательно по масштабным уровням структуры выступают цементно-песчаный камень, цементный камень (так называемый микробетон), цементирующее вещество, новообразования этого цементирующего вещества, твердая фаза новообразований, суб-

станция единичного структурного элемента новообразования, что соответствует масштабному порядку от макро- до наноуровня структуры [3]. Упорядоченность структуры композитов обусловлена соразмерностью масштабных уровней структуры – соответствием свойств композита на каждом масштабном уровне [4]. Достижение высокой прочности бетона обеспечивает сочетание ряда факторов: повышение плотности систем в результате оптимизации зернового состава; снижение количества пор цементного камня за счет снижения В/Ц; заполнение пор между частицами цемента и улучшение реологии в результате эффекта смазки; образование вторичных продуктов гидратации в процессе пуццолановой реакции с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  при введении в бетон добавок-микронаполнителей [5].

Рассмотрим процессы формирования композиционных материалов в порядке уменьшения масштабных уровней от макро- до наноструктурного. Макроструктура бетона представлена плотно упакованными зернами заполнителя, раздвинутого и склеенного цементным тестом [6]. В ходе формирования макроструктуры цементное тесто первоначально обмазывает зерна заполнителя, а затем заполняет его межзерновые пустоты с равномерной раздвижкой зерен. При увеличении объема клеящего вещества каркас заполнителя становится более решетчатым – упаковка зерен уменьшает свою плотность [7]. На макроуровне сырьевую смесь можно смоделировать как полидисперсную систему «заполнитель–вяжущая часть», в которой пространственный скелет образуют крупные зерна заполнителя, промежутки между которыми заполнены дисперсными частицами вяжущей части (рис. 1).

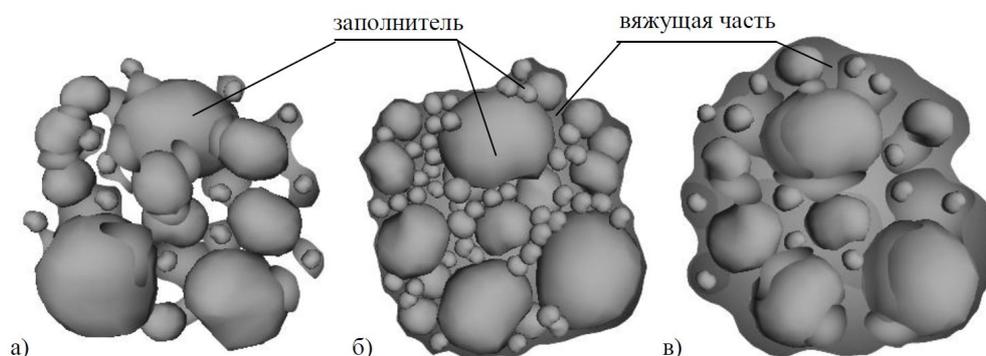


Рис. 1. а – недостаток вяжущей части, б – плотная упаковка заполнителя, в – избыток вяжущей части

В работах [8-10] изложены физико-химические представления о процессах взаимодействия микро- и наночастиц в дисперсных минеральных системах. С уменьшением размера частиц возрастает электростатический заряд на их поверхности, в связи с этим повышаются силы взаимодействия частиц [10]. Главная причина образования устойчивых коллоидных и высокомолекулярных структур – это присутствие дальнедействующих сил притяжения между отдельными частицами. Такие силы обратно пропорциональны кубу расстояния между частицами. Притяжение между коллоидными частицами явно проявляется на расстоянии до нескольких сотен нанометров. Условием слипания (коагулирования) частиц является превалирование сил притяжения между ними над короткодействующими силами отталкивания [8]. Кроме того, не стоит забывать, что первоначальный период гидратации цементного теста сопровождается седиментационными процессами – зерна заполнителей и цемента под действием сил тяжести осаждаются. Время седиментации увеличивается за счет удерживания мелкодисперсной фракции во взвешенном состоянии, т.е. за счет снижения действия гравитационных сил [11].

При переходе к наноразмерам происходят значительные изменения в электронной проводимости, оптическом поглощении, химико-реакционной способности, а также в механических свойствах, в значениях поверхностной энергии и морфологии поверхности композитов [12]. Наноразмерная кальций-кремний-гидратная фаза (гель C-S-H) гидратированного цементного теста, обладающая сложной морфологией [13], в основном представлена сетью пластин наночастиц, размерность которых составляет  $60 \times 30 \text{ нм}^2$ , а толщина – 5 нм. Применение в бетоне наносиликатов позволяет не только заметно улучшить пространственную упаковку его составляющих (цемента, наполнителей, заполнителей), снизить пористость и значительно повысить прочность, но и контролировать реакции образования и превращений гидросиликатов кальция C-S-H, ответственных за обеспечение долговечности цементного камня, а также определяющих ряд строительно-технических характеристик бетона – усадку и ползучесть [12]. Глобулы геля C-S-H, содержащие внутренние нанопоры, заполненные структурной водой, представляют собой твердую фазу с характеристическими размерами в несколько нм, ответственную за все пороупругие свойства цементного теста. Введение в бетонную смесь наноразмерных частиц (диаметром до

100 нм) оказывает существенное влияние на долговечность. Например, коллоидный кремнезем – микрочастицы диоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ), диспергированные в воде и стабилизированные диспергирующей добавкой из частиц еще меньшего размера, взаимодействуют с гидроксидом кальция быстрее, чем микрокремнезем [14].

Для оптимального насыщения структуры цементного камня цементом и наполнителем необходимо произвести оптимизацию количества дисперсной добавки в бетон, главными критериями которой являются:

- достижение максимально плотной упаковки частиц в цементном тесте;
- максимальное насыщение цемента микронаполнителем при отсутствии контактов частиц между собой, если размеры частиц наполнителя соизмеримы с частицами цемента. В этой связи актуальным является введение шлакового микронаполнителя с оптимальной дисперсностью (даже возможно незначительной активностью) в состав мелкозернистого бетона (МЗБ), что позволяет экономить в среднем от 30-40 % цемента без снижения физико-механических характеристик изделий с одновременным увеличением эксплуатационных качеств композиционного материала.

Несмотря на вышеизложенные положения, до настоящего времени в строительном материаловедении отсутствуют адекватные математические модели прогнозирования проницаемости цементных композиционных материалов, что сковывает разработку общих методов подбора состава вяжущих с заданными свойствами непроницаемости в различные сроки твердения [15].

Поэтому, возьмем за основу модель С.А. Королева [15], в которой система макрокапилляров цементных композитов непрерывна и является межкристаллитным образованием в структуре цементного камня. Фактическое строение макрокапилляров является четочным цилиндрическим, расчетное строение – цилиндрическое с приведенным гидравлическим радиусом (рис. 2).

Образование макропор и макрокапилляров обусловлено технологическими особенностями формирования гидратной структуры цементного камня:

- кристаллизацией гидратных новообразований вблизи поверхности цементного камня с образованием микроскопических кластерных образований с упорядоченной структурой и неплотной упаковкой;
- наличием свободной влаги, защемленной между кристаллитными образованиями,

которая не участвует в гидратации цемента и снижающей плотность упаковки макроскопических гидратных образований;

- низкой плотностью гидратных микроскопических кластерных образований, которые

являются субкристаллической фазой, содержащей макрокапиллярную и гелевую пористость, способную адсорбировать или физико-химически связывать свободную влагу.

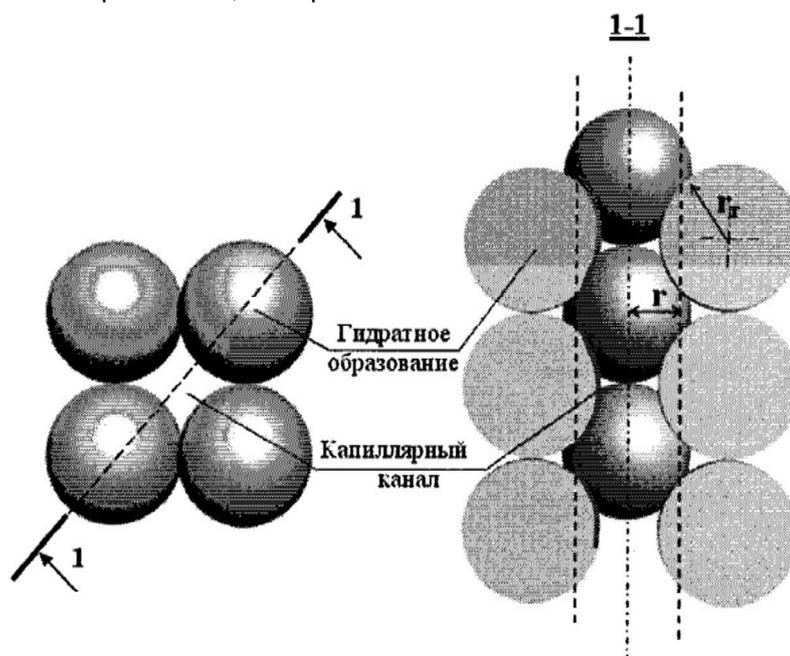


Рис. 2. Модель цементного композита

Согласно [16], поры с размером более 10 мкм не являются капиллярными, и их необходимо рассматривать как дефекты структуры. Поэтому макропоры (макрокапилляры) обладают одним размерным порядком с кластерными гидратными образованиями цементного камня. Структурообразование цементного камня в виде кластерных образований связано с накоплением продуктов гидратации в виде значительных субмикроструктурных образований размером более 10 мкм. Кристаллизация таких скоплений происходит на протяжении времени с поверхности вглубь с длительным сохранением определенного количества незакристаллизованной фазы. С этой точки зрения макропоры являются внутрикластерным образованием. Фактическое и расчетное строение субкристаллических кластерных образований можно представить в виде сферолитов с приведенным радиусом. На этой базе можно принять сферолито-решеточную расчетную модель структуры цементного камня (см. рис. 2).

Критериями плотности структуры цементного камня являются такие его параметры как радиус макрокапилляров и геометрическая плотность. Причем радиус макрокапилляров включает в себе несколько параметров структуры: объем макрокапиллярных пор, удель-

ную поверхность и плотность кристаллитных кластерных образований. Геометрическая или структурная плотность характеризуется отношением радиуса макроскопических кластерных гидратных образований к порядку структурной решетки.

Согласно [17], снижения пористости и повышения прочности (плотности) матрицы можно добиться применением тонкомолотых добавок и пластификаторов (супер- и гиперпластификаторов), при этом водоцементное отношение не должно превышать 0,4.

Тонкомолотые добавки положительно влияют на структурообразование бетона («эффект микронаполнителя») [18]. Этот эффект прослеживается в том, что высокодисперсные частицы имеют более тонкий гранулометрический состав, чем портландцемент. При повышении объемной концентрации добавок уменьшается пористость цементного камня в бетоне. Однако при достижении максимума наполнения высокодисперсной добавкой происходит уменьшение прочности бетона вследствие снижения сцепления цементного камня с заполнителем. В смешанной системе цемента с высокодисперсными добавками необходимо, чтобы тонкомолотые частицы не обволакивали поверхность образующихся фаз и, соответственно, не препят-

ствовали срастанию между кристаллогидратами. Это условие может быть соблюдено при оптимизации объемной концентрации добавки в композите с учетом гидравлической активности.

Для микродобавки оптимальной дозировкой должен быть объем, сопоставимый с объемом капиллярных пор и необходимый для заполнения соответствующих пустот, а также повышения плотности упаковки структуры [19]. Эффект заполнения пустот является физическим фактором и наблюдается независимо от гидравлической активности высокодисперсной добавки.

Повышение прочности вяжущих при введении в их состав тонкомолотых добавок, помимо гидравлической активности, также может быть объяснено образованием мельчайшими зернами добавок центров кристаллизации в контактной зоне цемента. «Эффект микронаполнителя» нельзя обосновать лишь образованием дополнительных центров кристаллизации, в связи с тем, что их непосредственное действие проявляется в повышении скорости начальной стадии химического твердения. В основе «эффекта микронаполнителя» лежат как химические процессы взаимодействия цемента с продуктами гидратации, так и физико-химические явления, например влияние поверхностной энергии частиц тонкомолотых добавок. В присутствии нанодисперсной добавки в бетонах происходит упрочнение контактной зоны между цементным камнем и заполнителем. В бетонах на основе портландцемента без нанодобавок зона контакта обычно разуплотнена по сравнению с цементным тестом, и включает большое количество пластинчатых кристаллов гидроксида кальция, у которых продольная ось перпендикулярна поверхности заполнителя. Следовательно, она более подвержена образованию микротрещин при растягивающих усилиях, возникающих при изменениях обычных условий температуры и влажности. Таким образом, контактная зона из-за своей структуры является наиболее слабой в бетоне и поэтому оказывает большое влияние на его прочность. Введение нанодисперсных добавок в значительной степени снижает капиллярную пористость контактной зоны за счет резкого уменьшения общего содержания  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Положительное влияние на микроструктуру контактной зоны можно достичь введением сравнительно небольшого количества нанодисперсной активной минеральной добавки, такой как зола уноса ТЭС. В цементных системах, содержащих гидравлически активные

минеральные добавки, происходит образование при твердении дополнительного количества  $\text{CSH}$  за счет взаимодействия  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  с активным кремнеземом или алюмосиликатом наполнителя. Вследствие этих процессов образуются дополнительные фазовые контакты (контакты срастания между кристаллогидратами) и увеличение плотности цементного камня, что и определяет высокую прочность цементной системы.

Кроме того, не следует забывать, что помимо введения в цемент тонкомолотых активных добавок, увеличение удельной поверхности самого цемента также позволяет регулировать активность вяжущего. Известно, что, измельчая один и тот же портландцементный клинкер и соответственно изменяя долю частиц размером 5–20 мкм в общей массе цементного порошка, можно получать портландцемент марок 600, 700 и 800, а также особо быстро твердеющий цемент.

Кроме характеристик удельной поверхности, гранулометрического состава цементного порошка форма зерен портландцемента также оказывает значительное влияние на его вяжущие свойства.

Доподлинно известно, что частицы цемента, имеющие «щебеночную» (осколочную) форму с острыми углами и сильно развитой конфигурацией, в отличие от «галькообразных» (округлых) частиц гидратируют в воде значительно интенсивнее. Имея одинаковые характеристики удельной поверхности, равное содержанию частиц цемента размерами 0–20 мкм, одинаковый химический состав, прочность цементного камня, который состоит из частиц осколочной формы, будет больше, чем прочность цементного камня, который состоит из частиц округлой формы. Как следствие из этого, скорость твердения портландцемента с осколочной формой частиц больше, нежели с округленной формой. Исходя из этих позиций, лишь только изменение формы частиц цементного зерна с округленной на осколочную при других одинаковых условиях обеспечит увеличение активности портландцемента в среднем на 10 МПа [16].

### Выводы

Изучив теоретические аспекты создания особо прочных бетонов с повышенной непроницаемостью, делаем выводы:

- прогнозируется положительное влияние нанодисперсных добавок на структуру и физико-механические характеристики цементных композиционных материалов, таких как: уменьшение общей пористости цементного камня в бетоне при повышении объемной концентрации и удельной поверхности на-

полнителя; связывание гидроксида кальция аморфизированным кремнеземом, увеличение активности минеральных добавок при их тонком измельчении; увеличение скорости начальной стадии химического твердения цементных систем с тонкомолотыми частицами добавок, которые служат центрами кристаллизации; образование кластеров «вяжущее – добавка» за счет высокой поверхностной энергии частиц нанодисперсных добавок; увеличение прочности контактной зоны между цементным камнем и заполнителями в бетоне;

- модифицированные таким образом бетоны гораздо быстрее набирают прочность, чем традиционные. Причиной этому служат малое В/Ц, и, кроме того более активное тепловыделение за счет быстрой гидратации цемента. Увеличение прочности на растяжение и модуля упругости по времени происходит быстрее, чем рост прочности на сжатие. За счет небольшого объема капилляров скорость проникновения жидких и газообразных веществ в модифицированный бетон гораздо меньше аналогичных показателей бетонов обычной прочности;

- сложным представляется прогнозирование образования трещин, которые возникают на поверхности бетона или в матрице вследствие, в частности, аутогенной усадки. Процессы, вызывающие деформации бетонов обычной прочности, в основном, тоже характерны для модифицированных бетонов: это деформации ползучести, сухая усадка из-за выделения влаги в окружающую среду, аутогенная усадка за счет внутреннего высыхания и пр. Из-за своих повышенных свойств, таких как: хорошее соотношение прочности к объемной плотности, высокая плотность и долговечность, модифицированный бетон может применяться при решении достаточно разнообразных практических задач строительной отрасли. Учитывая современный технологический уровень, производство бетонов повышенной непроницаемости не представляет особых сложностей. В то же время, получение проектных параметров и выбор оптимального состава бетона при использовании химических наномодификаторов и супер- (гипер-) пластификаторов требуют научного исследования и эмпирической проверки его качества.

### Библиографический список

1. Алексашин, С.В. Повышение морозостойкости и водонепроницаемости мелкозернистых бетонов для речных гидросооружений: дисс. ... канд. тех. наук. 05.23.05 / Алексашин Сергей Владимирович. – М.: МГСУ, 2014. – 114 с.

2. Кучеренко, А.А. Порошковая технология бетона. Часть 2 / А.А. Кучеренко // Технологии бетонов. – 2009. – № 1. – С. 58-60.

3. Чернышов, Е.М. Структурная неоднородность строительных композитов: вопросы материаловедческого обобщения и развития теории (часть 2) / Е.М. Чернышов // Российская академия архитектуры и строительных наук. Вестник отделения строительных наук. Научное издание. Вып. 15. – Москва-Орел-Курск, 2011. – С. 223-239.

4. Образцов, И.В. Оптимизация зерновых составов цементно-минеральных смесей для производства строительных композитов методами компьютерного моделирования: дисс. ... канд. тех. наук. 05.23.05 / Образцов Илья Вячеславович. – Тверь: ТГТУ, 2014. – 131 с.

5. Миляев, И.В. Оптимизация свойств модифицированного цементного камня / И.В. Миляев // Научный Вестник ВГАСУ. – 2009. – №5. – С.102-104.

6. Laurent P. Granger. Effect of Composition on Basic Creep of Concrete and Cement Paste / Laurent P. Granger, Zdenek P. Bazant, Fellow, ASCE. // Journal Of Engineering Mechanics. November 1995. pp.1261-1270.

7. Шумков, А.И. Формирование и оптимизация макроструктуры тяжелого бетона / А.И. Шумков // Технологии бетонов. – 2008. – №7. – С.52-53.

8. Хархардин А.Н. Модели потенциалов и сил / А.Н. Хархардин // Известия вузов. – №2. – 2011. – С.117-126.

9. Хархардин, А.Н. Структурная топология дисперсных систем взаимодействующих микро- и наночастиц / А.Н. Хархардин // Известия вузов. – 2011. – №5. – С.119-125.

10. Хархардин, А.Н. Тяжелый бетон с плотным структурным каркасом заполнителя / А.Н. Хархардин, А.И. Топчиев // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2001. – № 4. – С. 54..

11. Shurcliff William A. Super solar houses — Saunders's 100% solar, low-cost designs/ William A. Shurcliff. – Brick House Publishing Company. – 1983. – 118 p.

12. Фаликман, В.Р. Наноматериалы и нанотехнологии в современных бетонах / В.Р. Фаликман // «ALITINFORM» Международное аналитическое обозрение. – 2011. – № 5-6 (22). – С.34-48.

13. Богусевич, В.А. Мелкозернистый бетон на основе техногенных песков КМА для зимнего бетонирования: дисс. ... канд. тех. наук. 05.23.05 / Богусевич Виктор Александрович. – Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. – 172 с.

14. Кожухова, Н.И. Зависимость механизма структурообразования от химического состава как ключевого фактора вяжущей системы / Н.И. Кожухова, А.И. Бондаренко, М.И. Кожухова, В.В. Строгова // Строительный комплекс России. Наука. Образование. Практика: материалы международной научно-практической конференции. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ. – 2012. – С.162-164.

15. Королев, С.А. О новом подходе в математическом прогнозировании водонепроницаемости цементных композитов / С.А. Королев // Вестник ЮУрГУ. – 2008. – № 25. – С. 31-36.

16. Ветехтин, В.И. Концентрация микропор в цементном камне и их распределение по размерам / В.И. Ветехтин, А.Н. Бахтибаев, Е.А. Егоров // Цемент. – 1989. – № 1. – С. 8-10.

17. Ляхевич, Г.Д. Теоретические аспекты, экспериментальные исследования и эффективность использования высокопрочных бетонов для мостовых конструкций / Г.Д. Ляхевич, С.А. Звонник, Г.А. Ляхевич, А.Б. Альаззави // Наука и техника. – 2014. – № 5. – С. 48-54.

18. Власов, В. К. Механизм повышения прочности бетона при введении микронаполнителя / В. К. Власов // Бетон и железобетон. – 1988. – № 10. – С. 9–11.

19. Красный, И. М. О механизме повышения прочности бетона при введении микронаполнителей / И. М. Красный // Бетон и железобетон. – 1987. – № 5. – С. 10–11.

### THEORETICAL PREREQUISITES OF CREATION OF CEMENT COMPOSITES OF THE INCREASED IMPERMEABILITY

V.S. Lesovik, R.S. Fedjuk

**Abstract.** The paper deals with the development of composite binders to produce concrete with improved characteristics of gas, water and water vapor permeability. The processes of formation of composite materials in order of decreasing scale levels from the macro to the nanostructure. The criteria for the optimization of the number of the dispersed additives in concrete. In theory, we studied the technological features of the formation of hydrated cement stone structure. Nanodispersed predict a positive effect of additives on the structure and physico-mechanical properties of cement composite materials.

**Keywords:** cement stone, composite binders, nanodispersed supplement, impenetrability, porosity.

#### References

1. Aleksashin S.V. *Povyshenie morozostojko-sti i vodoneproniaemosti melkozernistykh betonov dlja rechnyh gidrosooruzhenij: diss. kand. teh. nauk* [Povysheniye of frost resistance and water tightness of fine-grained concrete for river hydroconstructions: diss. cand. tech. Sciences], Moscow, MGSU, 2014. 114 p.

2. Kucherenko A.A. *Poroshkovaja tehnologija betona. Chast' 2* [Powder technology of concrete]. *Tehnologii betonov*, 2009, no 1. pp. 58-60.

3. Chernyshov E.M. *Strukturnaja neodnorodnost' stroitel'nykh kompozitov: voprosy materialovedcheskogo obobshhenija i razvitija teorii (chast' 2)* [Structural heterogeneity of construction composites: questions of materials research generalization and development of the theory (part 2)]. *Rossijskaja akademija arhitektury i stroitel'nykh nauk. Vestnik otdelenija stroitel'nykh nauk. Nauchnoe izdanie. Vyp. 15*. Moskva-Orel-Kursk, 2011. pp.223-239.

4. Obrazcov I.V. *Optimizacija zernovykh so-stavov cementno-mineral'nykh smesej dlja proiz-vodstva stroitel'nykh kompozitov metodami kom-p'juternogo modelirovanija: diss. kand. teh. nauk.* [Optimization of grain compositions of cement and mineral mixes for

production of construction composites by methods of computer modeling: dis. cand. tech. sciences]. *Obrazcov Il'ja Vjacheslavovich. Tver': TGTU, 2014. 131 p.*

5. Miljaev I.V. *Optimizacija svojstv modifirovannogo cementnogo kamnja* [Optimization of properties of the modified cement stone]. *Nauchnyj Vestnik VGASU*, 2009, no 5. pp.102-104.

6. Laurent P. Granger. *Effect of Composition on Basic Creep of Concrete and Cement Paste* / Laurent P. Granger, Zdenek P. Bazant, Fellow, ASCE. // *Journal Of Engineering Mechanics*. November 1995. pp.1261-1270.

7. Shumkov A.I. *Formirovanie i optimizacija makrostrukturnykh tjazhelogo betona* [Formation and optimization of a macrostructure of heavy concrete]. *Tehnologii betonov*, 2008, no 7. pp.52-53.

8. Harhardin A.N. *Modeli potencialov i sil* [Models of potentials and forces]. *Izvestija vuzov*, no 2, 2011. pp.117-126.

9. Harhardin A.N. *Strukturnaja topologija dispersnykh sistem vzaimodejstvujushchih mikro- i nanochastic* [Structural topology of the disperse systems interacting micro and nanoparticles]. *Izvestija vuzov*, 2011, no 5. pp.119-125.

10. Harhardin A.N., Topchiev A.I. *Tjazhelyj beton s plotnym strukturnym karkasom zapolnitelja* []. *Izvestija vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo*, 2001, no 4. pp. 54.

11. Shurcliff William A. *Super solar houses — Saunders's 100% solar, low-cost designs/ William A. Shurcliff*. Brick House Publishing Company. 1983. 118 p.

12. Falikman V.R. *Nanomaterialy i nanotehnologii v sovremennykh betonah* [Nanomaterialy and nanotechnologies in modern concrete]. «ALITINFORM» *Mezhdunarodnoe analiticheskoe obozrenie*, 2011, no 5-6 (22). pp.34-48.

13. Bogusevich V.A. *Melkozernistyj beton na osnove tehnogennykh peskov KMA dlja zimnego betonirovanija: diss. kand. teh. nauk* [Fine-grained concrete on the basis of the KMA technogenic sand for winter concreting: dis. cand. technical. sciences]. Belgorod, BGTU im. V.G. Shuhova, 2014. 172 p.

14. Kozhuhova N.I., Bondarenko A.I., Kozhuhova M.I., Strokova V.V. *Zavisimost' mehanizma strukturoobrazovanija ot himicheskogo sostava kak ključevogo faktora vjazhushhej sistemy* [Zavisimost' of the structurization mechanism from a chemical composition as key factor of the knitting system]. *Stroitel'nyj kompleks Rossii. Nauka. Obrazovanie. Praktika: materialy mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii*, Ulan-Udje: Izd-vo VSGUTU, 2012. pp.162-164.

15. Korolev S.A. *O novom podhode v matematicheskom prognozirovanii vodoneproniaemosti cementnykh kompozitov* [O new approach in mathematical forecasting of water tightness of cement composites]. *Vestnik JuUrGU*, 2008, no 25. pp. 31-36.

16. Betextin V.I., Bahtibaev A.N., Egorov E.A. *Koncentracija mikropor v cementnom kamne i ih raspredelenie po razmeram* [Kontsentracion of micropores in a cement stone and their distribution by the sizes]. *Cement*, 1989, no 1. pp. 8-10.

17. Ljahevich G.D., Zvonnik S.A., Ljahevich G.A., Al'azzavi A.B. Teoreticheskie aspekty, jeksperimental'nye issledovanija i jeffektivnost' ispol'zovanija vysokoprochnyh betonov dlja mostovyh konstrukcij [Theoretical aspects, pilot studies and efficiency of use of high-strength concrete for bridge designs]. *Nauka i tehnika*, 2014, no 5. pp. 48-54.

18. Vlasov V. K. Mehanizm povyshenija prochnosti betona pri vvedenii mikronapolnitelja [Mekhanizm of increase of durability of concrete at introduction of a microfiller]. *Beton i zhelezobeton*, 1988, no 10, pp. С. 9–11.

19. Krasnyj I.M. O mehanizme povyshenija prochnosti betona pri vvedenii mikronapolnitelej [O the mechanism of increase of durability of concrete at introduction mikronapolnite-pour]. *Beton i zhelezobeton*, 1987, no 5. pp. 10–11.

*Лесовик Валерий Станиславович (Белгород, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительного материаловедения, изделий и конструкций ФТБОУ ВПО*

*«БГТУ им. В.Г. Шухова» (308012 г. Белгород, ул. Костюкова, 46, e-mail: naukavs@mail.ru).*

*Федюк Роман Сергеевич (Владивосток, Россия) – старший преподаватель учебного военного центра ФГАОУ ВПО «ДФУ» (690000, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 20, e-mail: fedyuk.rs@dvfu.ru).*

*Valeriy S. Lesovik (Belgorod, Russian Federation) – doctor of technical sciences, professor, Head of Chair of building materials, products and structures, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (308012, Kostjukova Str., 46, Belgorod, Russian Federation e-mail: naukavs@mail.ru).*

*Roman S. Fediuk (Vladivostok, Russian Federation) – senior lecturer of Military Training Center, Far Eastern Federal University (690000, Russkiy Island, 20 Ayax, Vladivostok, Russian Federation, e-mail: fedyuk.rs@dvfu.ru).*

УДК 625.731.3

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ПРОЧНОСТИ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ НЕПОДТОПЛЯЕМЫХ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

В.А. Шнайдер, Г.М. Левашов, В.В. Сиротюк  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** *Применение геосинтетических материалов для противоэрозийной защиты откосов земляного полотна находит всё большее применение. В России и за рубежом выпускают десятки разновидностей геосинтетики для укрепления грунтовых откосов. Но до настоящего времени не сформированы обоснованные требования к прочности геосинтетических материалов и методы расчёта их устойчивости на поверхности откоса. Нет рекомендаций по определению расстояния между анкерами, удерживающими геосинтетический материал на откосе. В данной статье даются краткие рекомендации по вышеперечисленным вопросам.*

**Ключевые слова:** *противоэрозийная защита откосов, расчёт устойчивости, геосинтетические материалы.*

#### Введение

Автомобильные дороги находятся под постоянным агрессивным воздействием не только транспорта, но и погодноклиматических факторов. Одним из этих факторов является эрозийное воздействие воды на откосы насыпей и выемок земляного полотна. Для повышения противоэрозийной устойчивости откосов необходимо производить их укрепление. Защита от эрозии: «Предотвращение или ограничение перемещения частиц грунта или других частиц по поверхности откоса (склона), стабилизация подвижных грунтов» [1].

Известны десятки способов укрепления поверхности неподтопляемых откосов [2]. На протяжении десятилетий основным способом укрепления откосов земляного полотна авто-

мобильных дорог на неподтопливаемых территориях является формирование на них растительного покрова посредством посева многолетних трав по слою растительного грунта или торфогрунтовой смеси. Это самый простой и надежный способ укрепления откосов в соответствии с классификацией типов укреплений. Отдавая должное этому простому и недорогому способу, следует отметить, что довольно часто надёжный растительный покров не успевает сформироваться и поверхность откоса подвергается интенсивному размыву дождевыми и тальными водами. Этот процесс наиболее характерен для регионов с неблагоприятными погодными условиями и при сооружении земляного полотна из малоплодородных грунтов (песок, золошлаковая смесь и т.п.).

Иногда в этой ситуации пытаются применять гидропосев трав, но по тем или иным причинам этот способ укрепления не нашёл широкого применения даже спустя десятки лет после его изобретения.

### **Определение вида и требуемой прочности геосинтетических материалов**

Весьма эффективным способом защиты откосов насыпей от процессов водной эрозии является укрепление геосинтетическими материалами: геоматами, пространственной георешеткой (геосотами) и геотекстилем. Применение геоматов для защиты от водной эрозии базируется на многолетнем опыте европейских стран: Германии, Италии, Испании [3,4,5]. В соответствии с нормативом [3] существуют термины, определяющие вид материала:

1) геомат - материал трехмерной структуры из синтетических и натуральных волокон, монофиламентов и (или) других элементов, скрепленных механическим, химическим и другими способами;

2) георешетка - объемный складывающийся ячеистый модуль, состоящий из полимерных полос, соединенных между собой, как правило, в шахматном порядке при помощи экструзии, прессования, сварки, литья под давлением или другими способами;

3) геотекстиль - плоский водопроницаемый синтетический или натуральный материал (нетканый, тканый или трикотажный), используемый в контакте с грунтом и (или) другими материалами в транспортном, трубопроводном строительстве и гидротехнических сооружениях.

Трёхмерная структура геоматов удерживает слой растительного грунта и способствует закреплению корней растений, что способствует образованию качественного сплошного растительного слоя, обладающего большой сопротивляемостью к дождевым потокам и эрозии почвы. На данный момент выпускаются различные виды геоматов. Среди них можно выделить однокомпонентные, которые отличаются различными технологиями. Так же встречаются комбинированные геоматы: 1) с георешеткой или сеткой для повышения прочностных характеристик; 2) с геотекстилями; 3) в сочетании либо георешетки с геотекстилем, либо геосетки с геотекстилем [6,7]. Основные показатели свойств ГМ должны соответствовать нормативным значениям [7, 8, 9].

В соответствии с ОДМ 218.5.003-2010 [7] ГМ применяют для укрепления поверхности откосов земляного полотна (повышения их местной устойчивости). При укреплении откосов ГМ служит временным или постоянным элементом, выполняющим в первую очередь функции защиты и играющим роль:

- покрытия на откосе, замедляющего или предотвращающего его эрозию под действием воды и ветра;

- фильтра, предотвращающего вынос частиц грунтовыми водами.

В сочетании с биологическим типом укрепления в виде посева трав ГМ укладывают непосредственно на поверхность откоса под растительный грунт с посевом трав для создания более плотного травяного покрова, выравнивания влажностного режима. В этом случае используют геоматы.

В районах с неблагоприятными для развития травяного покрова климатическими условиями или при наличии интенсивного размыва грунта для защиты семян от вымывания, создания более благоприятного температурно-влажностного режима, защиты откоса от эрозии только на период формирования травяного покрова, ГМ укладывают на поверхность растительного грунта с предварительным посевом трав. Над ГМ устраивают замыкающий грунтовый слой толщиной 5-10 см. В этих решениях применяют нетканые иглопробивные геотекстильные материалы (ГПТ-НТ) с поверхностной плотностью до 200 г/м<sup>2</sup>.

Требования к прочностным показателям ГМ, применяемым для эрозионной защиты поверхности откосов земляного полотна, представлены в четырёх основных действующих нормативно-методических документах: ОДМ 218.5.003-2010 [7], СП 34.13330.2012 [8], ОДМ 218.2.046-2014 [9] и ОДМ 218.3.049-2014 [10]. Методы испытаний ГМ определяет ОДМ 218.5.006-2010 [11].

В ОДМ 218.3.032-2013 [12] представлена методика проектирования укрепления откосов пространственными георешетками (геосотами). Однако в данной статье мы не рассматриваем варианты укрепления откосов этими ГМ. Многолетний мониторинг показал нам, что применение геосот на неподтопляемых откосах насыпей и выемок экономически не оправдано, а на подтопляемых – не надёжно т.к. подвержено интенсивному размыву.

В таблице 1 представлены требования к численным значениям прочности при растяжении ГМ, указанные в каждом из четырёх вышеперечисленных документов.

Таблица 1 – Численные значения требований к показателю прочности при растяжении по нормативным документам

№ п/п	Нормативные документы	Прочность при растяжении, кН/м
1	ОДМ 218.5.003-2010. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог.	от 0,5 до 3,0
2	СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги.	не менее 5,0
3	ОДМ 218.2.046-2014. Рекомендации по выбору и контролю качества геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве.	до 30
4	ОДМ 218.3.049-2014. Методические рекомендации по применению многослойных дренающих материалов (геодрен) для осушения и усиления дорожных конструкций при строительстве и реконструкции автомобильных дорог.	не менее 5,0

Проанализировав показатели прочности при растяжении, которые находятся в широком диапазоне от 0,5 кН/м до 30 кН/м, можно констатировать, что достаточно сложно определиться с назначением геосинтетического материала из-за отсутствия в Российских нормативах чётких и обоснованных требований.

В зарубежном документе по применению геосинтетических материалов [13] основными факторами для применения геосинтетического материала в строительстве являются: деформации ползучести, учет механического повреждения при производстве строительномонтажных работ и долговечность. На основе этого коэффициента инженер может назначить или отклонить применение того или иного геосинтетического материала, опираясь на параметр  $RF$ :

$$RF = RF_{CR} \cdot RF_{ID} \cdot RF_{DU}, \quad (1)$$

где  $RF$  – обобщающий фактор;  $RF_{CR}$  – коэффициент деформации ползучести;  $RF_{ID}$  – коэффициент, учитывающий механическое повреждение при производстве строительномонтажных работ;  $RF_{DU}$  – коэффициент фактора долговечности.

Один из известных производителей геосинтетических материалов – фирма Colbond [13], при расчёте противозерозионной устойчивости откоса земляного полотна с применением геокомпозиционных материалов допустимую прочность материала на растяжение считает по следующей зависимости:

$$P_{ul} = \frac{P_{ult} \cdot f_c}{f_{m1} \cdot f_{m2} \cdot f_n}, \quad (2)$$

где  $P_{ul}$  – расчётная прочность материала, кН/м;  $P_{ult}$  – исходная прочность материала на растяжение, кН/м;  $f_c$  – коэффициент, учитывающий ползучесть материала,  $f_c = 0,6$ ;  $f_{m1}$  – коэффициент, учитывающий заводской брак,  $f_{m1} = 1,1$ ;  $f_{m2}$  – коэффициент, учитывающий механическое повреждение при производстве строительномонтажных работ,  $f_{m2}=1,2$ ;  $f_n$  – общий коэффициент надёжности по материалу,  $f_n = 1,0$ .

В связи с вышеизложенным, рассмотрим в качестве примера расчёт требуемой прочности геомата, выполненный нами при обосновании укрепления откосов высоких насыпей из золошлаковой смеси, возводимых при нашем научно-техническом сопровождении на «Каширской развязке».

Расчёт устойчивости противозерозионной геокомпозиционной системы состоит из нескольких этапов: определение сдвигающей силы; длины анкеров; толщины насыпного грунта; определения допустимой прочности материала на растяжение.

В соответствии с расчётной схемой, представленной на рисунке 1, необходимо последовательно произвести расчёт по этапам и установить требуемые параметры анкерования и минимальной прочности геосинтетического материала для укрепления откоса.

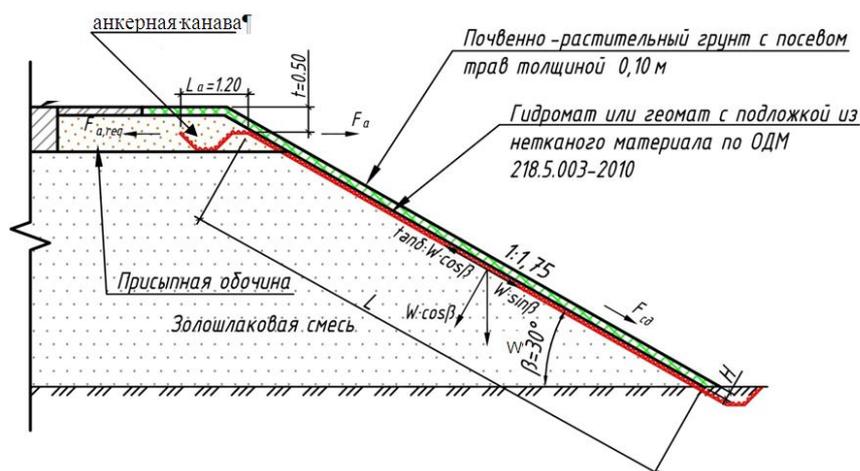


Рис.1. Расчётная схема к определению сдвигающей силы, действующей на геосинтетический материал

Сдвигающая сила  $F_{cd}$  на единицу ширины откоса, действующая на армированную подложку геомата учитывает вес грунта отсыпки и снеговую нагрузку:

$$F_{cd} = W \cdot \sin \beta - \tan \delta \cdot W \cdot \cos \beta, \quad (3)$$

где  $W$  – вес растительного грунта отсыпки, с учётом снеговой нагрузки,  $\text{кН/м}^2$ ;  $\beta$  – угол заложения откоса, градусы ( $\beta = 30^\circ$  для заложения откоса 1:1,75);  $\delta$  – угол внутреннего трения между геоматом и грунтовой поверхностью, градусы (для принятой плотности геотекстиля  $150 \text{ г/м}^2$ ,  $\delta = 25^\circ$ ).

Накопление снежного покрова в зимний период ведёт к увеличению нагрузок, поэтому при расчёте устойчивости плодородного слоя на поверхности склонов необходимо учитывать вес растительного грунта с учетом снежного покрова

$$W = L(H \cdot \gamma_S + \cos \beta \cdot S), \quad (4)$$

где  $S$  – снеговая нагрузка,  $\text{кН/м}^2$  (для Московской области принято  $1,4 \text{ кН/м}^2$ );  $H$  – толщина грунта отсыпки, м;  $L$  – длина откоса, м;  $\gamma_S$  – удельный вес растительного грунта,  $\text{кН/м}^3$  ( $\gamma_S = 15,0 \text{ кН/м}^3$ ).

Тогда, сдвигающая сила на единицу ширины откоса равна:

$$F_{cd} = L(H \cdot \gamma_S + \cos \beta \cdot S) \cdot (\sin \beta - \tan \delta \cdot \cos \beta). \quad (5)$$

Длина анкеровки (анкерная канава) – величина заделки геомата в тело земляного полотна при заданной толщине слоя насыпного грунта определяется из условия обеспечения устойчивости. Необходимая анкеро-

вочная сила ( $F_{a, req}$ ) на единицу ширины откоса, компенсирующая  $F_a$ ,

$$F_{a, req} = K_H \cdot t \cdot \gamma_S \cdot L_a \cdot \tan \delta, \quad (6)$$

где  $K_H$  – коэффициент надёжности;  $t$  – толщина слоя насыпного грунта, м;  $L_a$  – длина анкеровки, м.

Дефицит удерживающих сил компенсируется прочностью применяемого геосинтетического материала. Анкер – металлический или пластиковый элемент, предназначенный для крепления геосинтетического материала к грунтовой поверхности с целью обеспечения монтажа геосинтетического материала с заполнителем (монтажный анкер) или увеличения сопротивления геосинтетического материала с заполнителем сдвигающим нагрузкам (несущий анкер при укреплении откосов) [12, 14].

$$F_a = \cos \beta \cdot F_{cd}, \quad (7)$$

где  $F_{cd}$  – сдвигающая сила на единицу ширины откоса,  $\text{кН/м}$

Расчёт устойчивости противоэрозионной геокompозитной системы выполнен для насыпей высотой 16,0 м и 12,0 м и сведён в таблицу 2.

Для назначения требуемого предела прочности на растяжение геосинтетического материала необходимо расчётные характеристики определить с учётом срока службы геосинтетического материала или только срока формирования устойчивой корневой системы растительного покрова на откосе. При этом также необходимо учитывать влияние исходного сырья, применяемого для изготовления геосинтетического материала, выполняемой им функции и условий работы (применения).

В соответствии с ОДМ 218.5.003-2010 расчётное значение предела прочности на растяжение для геосинтетических материалов определяется по формуле

$$R_p \geq \frac{T_{\max} \cdot \gamma_b}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4}, \quad (8)$$

где  $R_p$  – требуемое значение предела прочности на растяжение с учётом коэффициентов запаса и условий работы, кН/м;  $T_{\max}$  – максимальная погонная нагрузка, воспринимаемая геосинтетическим материалом ( $T_{\max} = F_a$ );  $A_1$  – коэффициент учёта ползучести (коэффициент перехода от прочности на рас-

тяжение к длительной прочности), принимаемый по разделу 86 ОДМ 218.5.003-2010 или по гарантированным производителем данным, отражённым в технической документации (принимается 0,45);  $A_2$  – коэффициент учёта повреждения геосинтетического материала при транспортировке, монтаже и уплотнении грунта, принят 0,95;  $A_3$  – коэффициент учёта стыковки, взаимного перекрытия и соединения полотен геосинтетического материала, принят 0,8;  $A_4$  – коэффициент учёта влияния окружающей среды, принят 0,9;  $\gamma_b$  – коэффициент запаса для геосинтетического материала, принят 1,25.

Таблица 2 – Расчёт устойчивости противэрозионной геокomпозитной системы откоса для насыпей высотой 16,0 м и 12 м

Параметр	Обозначение	Расчётное значение при высоте насыпи		Единицы измерения
		16 м	12 м	
<b>Исходные данные</b>				
Снеговая нагрузка	$S$	1.4		кН/м <sup>2</sup>
Толщина почвенно-растительного грунта	$H$	0.1		м
Удельный вес почвенно-растительного грунта	$\gamma_s$	15.0		кН/м <sup>3</sup>
Расчётная высота насыпи	$H_{\text{нас}}$	16.0	12.0	м
Длина откоса (при заложении 1:1.75)	$L$	32.25	24.19	м
Угол откоса	$\beta$	30		градус
Угол внутреннего трения между геоматом и поверхностью	$\delta$	25		градус
<b>Определение сдвигающей силы</b>				
Вес растительного грунта с учётом снеговой нагрузки	$W$	87.47	65.61	кН/м
Сила трения (удерживающая)	–	35.32	26.49	кН/м
Сила, стремящаяся сдвинуть композитный слой (геомат+ почвенно-растительный грунт)	–	43.74	32.80	кН/м
<b>Сдвигающая сила на единицу ширины откоса</b>	<b><math>F_{\text{сд}}</math></b>	<b>8.41</b>	<b>6.31</b>	<b>кН/м</b>
<b>Параметры анкеровки</b>				
Требуемая анкерочная сила	$F_a^{mp}$	7.28	5.46	кН/м
Коэффициент надёжности	$K_n$	0.95		–
Толщина насыпного грунта	$t$	0.4		м
Удельный вес грунта присыпной обочины	$\gamma_{об}$	17		кН/м <sup>3</sup>
<b>Необходимая длина анкеровки геомата</b>	<b><math>L_{a,n}</math></b>	<b>2.4</b>	<b>1.8</b>	<b>м</b>
<b>Фактическая длина анкеровки</b>	<b><math>L_{a,\phi}</math></b>	<b>1.2</b>		<b>м</b>
<b>Параметры дополнительной анкеровки металлическими скобами</b>				
Фактическая составляющая анкерочной силы, за счёт устройства грунтового замка	$F_a^{\phi}$	3.61		кН/м
<b>Избыток сдвигающего усилия</b>	<b>–</b>	<b>4.24</b>	<b>2.13</b>	<b>кН/м</b>

Используя формулу (8) требуемое значение предела прочности на растяжение с учётом коэффициентов запаса и условий работы равно

$$R_p \geq \frac{3,66 \cdot 1,25}{0,45 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 14,6 \text{ кН/м.}$$

В таблице 3 приведены значения прочности при растяжении различных геоматов, выпускаемых отечественными и зарубежными производителями.

## СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Таблица 3 – Прочностные параметры различных геоматов

№ п/п	Производитель	Название	Прочность продольная (не менее), кН/м
1	Стеклонит	MT-15-350(300) ЭКСТРАМАТ	1,2
		МТД1-15(300)-ЭКСТРАМАТ геокөпозит	7,0
2	Tensar	Tensar MAT 400	3,2
3	Colbond	ЕНКАМАТ 3D-Mat открытый 7010	2,0
		Энкамат с подложкой 7210/1	1,7
4	TeMa	геомат K-Mat	1,8
		Геомат, усиленный геосеткой K-Mat RF 20	25
		K Mat Mini L Sedum	2,3
5	АрмДорСтрой	ГМ-K20	20
6	Makkaferi	Makmat 11/1	2,0
		Makmat R (A), усиленный решёткой	35
7	Polymat	Polymat 2020	10
8	Техполимер	Гидромат 1D	15
		Гидромат 2D (геокомпозит)	30
		Гидромат 3DM (геокомпозит)	25
9	Меапласт	МЕАМАТ-ММТ 14.250(200)	2
		МЕАМАТ-ММТ 25.600 (420)	2
		МЕАМАТ-ММК 15.10(420)	10

Исходя из минимальной прочности геомата (табл.3), только шесть из них могут выдержать нагрузки, установленные расчётом.

Все рекомендации по прочности геоматов составлены без учёта «помощи» от анкеров, которые, фиксируя геоматы к поверхности от-

коса, снижают напряжения в них ввиду уменьшения расчётной длины нагружения. В таблице 4 представлены результаты расчётов с учётом «вспоможения» анкеров при работе геоматов.

Таблица 4 – Расчёт количества и шага анкеров для насыпи высотой 16,0 м и 12 м

Параметр	Вид материала					
	МТА-15-250 (300) Эктрамат	МТА-15-550 (300) Эктрамат	Геомат Стабимат СМТ 500	Геомат ГЕО ГМ 4	Enkammat 7220	Гидромат 2D
Предельное усилие на один анкер, кН	0.05	0.10	0.014	0.03	0.02	0.30
Общее количество анкеров (скоб) на 1 п. м., шт.	85/43	42/21	303/152	141/71	212/107	21/7
<b>Шаг анкеров (скоб) по длине откосов (в продольном направлении через 1 м), м</b>	<b>0.76/1.13</b>	<b>1.52/2.27</b>	<b>0.21/0.32</b>	<b>0.46/0.68</b>	<b>0.30/0.45</b>	<b>4.57/6.80</b>

Примечание. Над чертой – для насыпи высотой 16 м, под чертой – 12 м.

По результатам расчёта установлено, что уменьшение шага установки анкеров, помогающих удерживать геоматы на откосах, может существенно снижаться и требования к их прочности. Например, можно сделать вывод о том, что в данных условиях для укрепления откоса подходит геосинтетические материалы марок: гидромат 2D и МТА-15-550 (300) Эктрамат. Остальные геосинтетические материалы обладают пределом прочности на растяжение менее 15 кН/м, что ниже расчетного значения.

Необходимость крепления геомата к откосу земляного полотна высотой 16 м с помощью анкеров (скоб), размещаемых с шагом 1

м по ширине полотна и 4,5 м по длине полотна геомата. Учитывая требование раздела 11 п. в ОДМ 218.003-2010 (о технологической необходимости размещения анкеров через 4-5 м по длине полотна), принимаем крепление геомата к откосу при высоте земляного полотна 12 м анкерами, размещаемыми с шагом 5 м по длине полотна геомата (хотя по расчёту получилось 6,8 м).

Раскладку геосинтетических материалов рекомендуется производить раскаткой рулонов вручную по длине откоса (поперёк оси дороги) сверху вниз, с взаимным перекрытием соседних полотен не менее 0,2 м. В процессе раскатки полотна через каждые 4,5-5,0

м его разравнивают, прижимают к поверхности откоса и забивают анкеры или скобы (П-образный анкер). Анкеры и скобы устанавливаются через 1 м по ширине рулона (т.е. в трёх точках при ширине рулона 2 м). Длину анкеров и скоб рекомендуется принимать не менее 0,5 м, а изготавливать их нужно из металла диаметром 5-6 мм.

Для окончательного выбора ГМ следует учесть ещё одну особенность геоматов. При их использовании для укрепления откосов насыпей из легко размываемых (песок, золотилок и т.п.) или плохо уплотнённых грунтов вода может попадать под геомат и размывать грунт под ним.

Для предотвращения этого негативного явления рекомендуется применять комбинированные геоматы с подложкой из нетканого геотекстиля [14]. Причём этот геомат необходимо закреплять, закапывая его в ровики, расположенные вдоль укрепленной части обочины и у подошвы откоса (см. рис.). Это значительно снижает опасность просачивания воды под геоматом.

Второе требование относится к нетканому геотекстилю. Избыточная плотность этого материала (свыше 150-200 г/м<sup>2</sup>) препятствует быстрому формированию глубокой корневой системы растительного покрова, прорастающей в слое растительного грунта поверх геомата и геотекстиля.

Исходя из вышеприведённых аргументов, мы рекомендовали использовать для укрепления поверхности откосов высоких насыпей из золотилоковой смеси комбинированный гидромат 2D с нетканым геотекстилем плотностью 150 г/м<sup>2</sup>, имеющий высокую прочность, технологичность, минимальную повреждаемость и относительно низкую стоимость.

### Заключение

1) Действующие нормативно-методические документы по применению геосинтетических материалов для укрепления поверхности откосов земляного полотна в дорожном строительстве не позволяют достоверно обосновать эффективный материал, обладающий достаточной прочностью и устойчивостью для конкретного конструктивного решения [15].

2) Значение параметра прочности на растяжение геосинтетических материалов нужно рассчитывать с учётом коэффициентов надёжности и долговечности, причём величина этих коэффициентов должна быть уточнена применительно к каждому конструктивному элементу и геосинтетическому материалу.

3) Для повышения достоверности расчётов на устойчивость необходимо уточнять коэффициенты трения геосинтетических материалов для различных грунтов.

4) Геоматы могут выполнять на откосах не только защитную, но и дренирующую функцию. Это следует учитывать при проектировании конструкций и выборе геосинтетического материала [15].

5) Необходимо выполнение комплекса опытно-экспериментальных работ для обоснования эффективных конструктивно-технологических решений при проектировании мероприятий по повышению эрозионной устойчивости откосов, защищаемых геосинтетическими материалами.

6) Необходимо переработать и принять более современную систему классификации способов укрепления откосов земляного полотна. Один из возможных, более современных вариантов мы предложили ещё пять лет назад [16].

### Библиографический список

1. Перевозников, Б.Ф. Автомобильные дороги. Откосно-прибрежные укрепления автомобильных дорог / Б.Ф. Перевозников. – М.: Информавтодор, 1993. – 83 с.
2. ГОСТ Р 53225-2008 Материалы геотекстильные. Термины и определения. – М.: Стандартинформ. – 2009 г. – 11 с.
3. Методические рекомендации по применению габионных конструкций в дорожно-мостовом строительстве. Под общ. Ред. Б.Ф. Перевозникова /ООО «Организатор», ФГУП «Союздорпроект». – М.: 2001. – 267 с.
4. CUR (Hrsg.) "Methode voor de periodieke sterktebeoordeling van dijken". Basisrapport, Bijlage H3, Gouda: CUR, 1991.
5. CUR (Hrsg.) "Methode voor de periodieke sterktebeoordeling van dijken". Basisrapport, Bijlage H3, Gouda: CUR, 1-+991.
6. Müller-Rochholz. Geokunststoffe im Erd- und Verkehrswegebau. 2 Auflage. 2008 Wolters KluwerDeutschland GmbH, Köln.
7. ОДМ 218.5.003-2010. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. – М.: Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – 2010. – 140 с.
8. СП 34.1330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\*. (СНиП 2.05.02-85\*. Автомобильные дороги. Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстрой СССР, 1986. – 56 с.
9. ОДМ 218.2.046-2014. Рекомендации по выбору и контролю качества геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве. – М.: Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – 2014. – 73 с.

10. ОДМ 218.3.049-2014. Методические рекомендации по применению многослойных дренающих материалов (геодрен) для осушения и усиления дорожных конструкций при строительстве и реконструкции при строительстве и реконструкции автомобильных дорог. – М.: Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – 2014. – 74 с.

11. ОДМ 218.5.006.2010. Рекомендации по методикам испытаний геосинтетических материалов в зависимости от области их применения в дорожной отрасли. – М.: Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – 2014. – 84 с.

12. ОДМ 18.3.032-2013. Методические рекомендации по усилению конструктивных элементов автомобильных дорог пространственными георешетками. – М.: Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – 2013. – 72 с.

13. CHAPTER 18. Geosynthetic design. NYSDOT Geotechnical Design Manual. Page 18-57. October 3, 2013.

14. ИСО 13431:199 (ISO 13431:1999). Геотекстиль и изделия, подобные геотекстильным. Определение ползучести при растяжении и разрыве при ползучести (Geotextiles and geotextile-related products - Determination of tensile creep and creep rupture behavior).

15. Материалы фирмы Colbond. Режим доступа: [http://www.colbondgeosynthetics.ru/cms\\_rus/generated/pages/functions/erosioncontrol/default.htm](http://www.colbondgeosynthetics.ru/cms_rus/generated/pages/functions/erosioncontrol/default.htm).

16. Шнайдер, В.А. Новая классификация типов укрепления откосов земляного полотна / В.А. Шнайдер, В.В. Сиротюк // Вестник СиБАДИ. – 2011. – 3(21). – С. 24-28.

**THE DEFINITION OF STRENGTH REQUIRED GEOSYNTHETICS FOR EROSION CONTROL НЕПОТОПЛЯЕМЫЙ PROTECTION SLOPE SUBGRADE**

V.A. Schneider, G.M. Levashov, V.V. Sirotyuk

**Abstract.** The use of geosynthetics for erosion control mats, protection of slopes subgrade is increasingly used. In Russia and abroad producing dozens of varieties of geosynthetics to reinforce soil slopes. But to date there are no valid claims to the durability of geosynthetics and the methods of calculation of their stability on the surface of the slope. Any recommendations on the definition of the distance between the anchors holding the geosynthetic material on the slope. This article provides brief guidance on the above questions.

**Keywords:** anti-erosion protection of slopes. The calculation of stability. Geo-synthetic materials.

**References**

1. Perevoznikov B.F. *Avtomobil'nye dorogi. Otkosno-pribrezhnye ukreplenija avtomobil'nyh dorog* [Highways. Otkosno-pribrezhnye strengthenings of highways]. Moscow, Informavtodor, 1993. 83 p.

2. *GOST R 53225-2008 Materialy geotekstil'nyye. Terminy i opredelenija* [State standart 53225-2008 geotextile Materials. Terms and definitions]. Moscow, Standartinform. 2009. 11 p.

3. *Metodicheskie rekomendacii po primeneniju gabionnyh konstrukcij v dorozhno-mostovom stroitel'stve* [Methodical recommendations on the use of gabion structures in road and bridge construction]. Red. B.F. Perevoznikova OOO «Organizator», FGUP «Sojuzdorproekt». Moscow, 2001. 267 p.

4. CUR (Hrsg.) "Methode voor de periodieke sterktebeoordeling van dijken". Basisrapport, Bijlage H3, Gouda: CUR, 1991.

5. CUR (Hrsg.) "Methode voor de periodieke sterktebeoordeling van dijken". Basisrapport, Bijlage H3, Gouda: CUR, 1-+991.

6. Müller-Rochholz. Geokunststoffe im Erd- und Verkehrswegebau. 2 Auflage. 2008 Wolters KluwerDeutschland GmbH, Köln.

7. *ODM 218.5.003-2010. Rekomendacii po primeneniju geosinteticheskikh materialov pri stroitel'stve i remonte avtomobil'nyh dorog* [EBM 218.5.003-2010. Recommendations for use of geosynthetic materials in construction-ve and repair of roads]. Moscow, Federal'noe dorozhnoe agentstvo (ROSAVTO-DOR). 2010. 140 p.

8. *SP 34.1330.2012. Avtomobil'nye dorogi. Aktualizirovannaja redakcija SNIp 2.05.02-85\**. (SNIp 2.05.02-85\* [JV 34.1330.2012. Road. Revised edition of SNIp 2.05.02-85\*. (SNIp 2.05.02-85\*. Road. Gosstroy of the USSR.]. Avtomobil'nye dorogi. Gosstroy SSSR. Moscow, CITP Gosstroy SSSR, 1986. 56 p.

9. *ODM 218.2.046-2014. Rekomendacii po vyboru i kontrolju kachestva geosinteticheskikh materialov, primenjaemyh v dorozhnom stroitel'stve* [EBM 218.2.046-2014. Recommendations on selection and quality control of geosynthetic materials used in road construction]. Moscow, Federal'noe dorozhnoe agentstvo (ROSAVTO-DOR). 2014. 73 p.

10. *ODM 218.3.049-2014. Metodicheskie rekomendacii po primeneniju mnogoslojnyh drenirujushchih materialov (geodren) dlya osushenija i usilenija dorozhnyh konstrukcij pri stroitel'stve i rekonstrukcij pri stroitel'stve i rekonstrukcii avtomobil'nyh dorog* [EBM 218.3.049-2014. Methodical recommendations on the application of multi-layer drainage material (geodren) for dewatering and strengthening of road structures during construction and reconstruction during the construction and reconstruction of roads]. Moscow, Federal'noe dorozhnoe agentstvo (ROSAVTO-DOR). 2014. 74 p.

11. ODM 218.5.006.2010. *Rekomendacii po metodikam ispytanij geosinteticheskikh materialov v zavisimosti ot oblasti ih primenenija v dorozhnoj otrasli* [EBM 218.5.006.2010. Recommendations for methods of testing geosynthetic materials depending on their application in the road sector]. Moscow, Federal'noe dorozhnoe agentstvo (ROSAVTODOR). 2014. 84 p.

12. ODM 18.3.032-2013. *Metodicheskie rekomendacii po usileniju konstruktivnykh jelementov avtomobil'nykh dorog prostranstvennymi georeshetkami* [EBM 18.3.032-2013. Guidelines for strengthening of structural elements of roads by a spatial geogrid]. Moscow, Federal'noe dorozhnoe agentstvo (ROSAVTODOR). 2013. 72 p.

13. CHAPTER 18. Geosynthetic design. NYSDOT Geotechnical Design Manual. Page 18-57. October 3, 2013.

14. ISO 13431:199 (ISO 13431:1999). *Geotekstil' i izdelija, podobnye geotekstil'nym. Opredelenie polzuchesti pri rastjazhenii i razryve pri polzuchesti (Geotextiles and geotextile-related products - Determination of tensile creep and creep rupture behavior)* [ISO 13431:199 (ISO 13431:1999). And geotextile products, geotextile such. Determination of tensile creep and rupture during creep (Geotextiles and geotextile-related products)].

15. Materialy firmy Colbond. Available at: [http://www.colbondgeosynthetics.ru/cms\\_rus/generated/pages/functions/erosioncontrol/default.htm](http://www.colbondgeosynthetics.ru/cms_rus/generated/pages/functions/erosioncontrol/default.htm).

16. Shnajder V.A., Sirotyuk V.V. Novaja klassifikacija tipov ukreplenija otkosov zemljanogo polotna [New classification of the types of strengthening of slopes of the subgrade.]. *Vestnik SibADI*, 2011, 3 (21). – pp. 24-28.

Шнайдер Виктория Александровна (Россия, г Омск) – аспирантка, старший преподаватель кафедры «Проектирование дорог» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: [wihor@mail.ru](mailto:wihor@mail.ru)).

Сиротюк Виктор Владимирович (Россия, г Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Проектирование дорог» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (646800, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: [sirotuk\\_vv@sibadi.org](mailto:sirotuk_vv@sibadi.org)).

Левашов Григорий Михайлович (Россия, г Омск) – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (646800, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: [Email: dic.sibadi@gmail.com](mailto:Email: dic.sibadi@gmail.com)).

Shneider Viktoria Alexandrowna (Russian Federation, Omsk) – graduate student, senior teacher of The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5 e-mails: [wihor@mail.ru](mailto:wihor@mail.ru)).

Sirotyuk Victor Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department “Road engineering” of The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5 e-mail: [sirotuk\\_vv@sibadi.org](mailto:sirotuk_vv@sibadi.org)).

Levashov Grigory Mikhaylovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor of The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (646800, Omsk, Mira Ave., 5 e-mails: [Email: dic.sibadi@gmail.com](mailto:Email: dic.sibadi@gmail.com)).

# РАЗДЕЛ IV

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 621.136

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА РЕЖИМАХ ПУСКА

В.Н. Бондарь

НП «Сертификационный центр Автотракторной техники», Россия, Челябинск.

**Аннотация.** Совершенствование пусковых характеристик дизельных двигателей обусловлено развитием методов математического моделирования процесса пуска. В настоящее время значительное распространение получили облегченные (формальные и полуэмпирические) математические модели процессов в камере сгорания. В данной статье предложена математическая модель для описания процессов в цилиндре поршневого двигателя внутреннего сгорания на основе системы дифференциальных уравнений массового и энергетического баланса рабочего тела и уравнения состояния. Дифференциальная форма лучше отражает суть процессов в камере сгорания, как в динамической системе, учитывает физические свойства рабочего тела (теплоемкость, внутреннюю энергию) в зависимости от текущего состояния (температуры, давления), позволяет решать сопряженные задачи расчета процессов наполнения и сжатия, теплообмена со стенками камеры сгорания, определения утечек заряда. Основой метода энергетического баланса является уравнение первого закона термодинамики в дифференциальной.

**Ключевые слова:** математическая модель цилиндра поршневого двигателя дифференциальных уравнений.

#### Введение

Дальнейшее совершенствование пусковых характеристик дизельных двигателей обусловлено развитием методов математического моделирования процесса пуска. В настоящее время значительное распространение получили облегченные (формальные и полуэмпирические) математические модели процессов в камере сгорания. Температура и давление рабочего тела ( $P_c$  и  $T_c$ ) в конце такта сжатия на пусковых режимах определяется по тем же термодинамическим зависимостям, что и под нагрузкой, но при этом дополнительно учитываются следующие особенности: уменьшение массы заряда за счет утечек через зазор между поршнем и цилиндром; влияние воздуха поступающего через органы воздушного пуска; «неоптимальность» фаз газораспределения для пусковых режимов; существенную неравномерность частоты вращения коленчатого вала.

**Математическая модель для описания процессов в цилиндре поршневого двигателя внутреннего сгорания на основе системы дифференциальных уравнений**

#### массового и энергетического баланса рабочего тела и уравнения состояния

В простейшей форме эти зависимости имеют вид [1]:

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon_\partial^{m_1}, \quad (1)$$

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon_\partial^{m_1-1}, \quad (2)$$

где  $P_a$  и  $T_a$  – давление и температура рабочего тела в начале такта сжатия,  $m_1$  – показатель политропы сжатия,  $\varepsilon_\partial$  – действительная степень сжатия с учетом коэффициентов потеряннного объема ( $\Psi$ ) и утечек заряда через поршневые кольца ( $\xi$ ):

$$\varepsilon_\partial = \varepsilon \cdot \xi \cdot (1 - \Psi) + \Psi, \quad (3)$$

Ориентировочный расчет  $m_1$  можно вести по эмпирической формуле, предложенной В.Л. Купершмидтом [2, 3]:

$$m_1 = 1,24 \cdot n^{0,015}, \quad (4)$$

где  $n$  – частота вращения коленчатого вала.

На пусковых режимах скорость потока воздуха на выпуске мала и запаздывание закрытия впускного клапана после НМТ приводит к обратному выбросу части заряда и потере хода поршня. Потерю рабочего объема оценивают коэффициентом потерянного объема  $\Psi$ :

$$\Psi = \frac{\Delta V_h}{V_h}, \quad (5)$$

где  $\Delta V_h$  - объем цилиндра, описываемый поршнем при ходе от НМТ до момента закрытия впускного клапана,  $V_h$  - рабочий объем цилиндра.

Потерянный объем можно определить по формуле [1]:

$$\Delta V_h = \frac{\pi D^2}{4} R \left[ (1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos \varphi) \right], \quad (6)$$

где  $D$  - диаметр цилиндра,  $R$  - радиус кривошипа,  $\lambda$  - постоянная КШМ,  $\varphi$  - угол закрытия впускного клапана после НМТ.

Для определения величины утечек заряда через поршневые кольца  $\xi$  В.Л. Купершмидт [2, 3] предлагает следующее выражение:

$$\xi = \frac{n^{0,32}}{\varepsilon^{0,65}}, \quad (7)$$

Величина  $\xi$  зависит от многих факторов. Основными являются скорость и неравномерность прокручивания коленчатого вала, степень сжатия, тепловое состояние цилиндропоршневой группы и время между прокрутками. К концу сжатия скорость прокручивания коленчатого вала снижается до минимума и может быть намного меньше средней. С увеличением времени пребывания поршня около ВМТ возрастают утечки рабочего заряда через зазор между поршнем и цилиндром и теплоотдача к холодным поверхностям камеры сгорания.

Более точной зависимостью для определения утечки заряда через поршневые кольца является формула К. Энглиша [4]:

$$V_{ym} = 0,005 \frac{D^2 \cdot f \cdot P_c}{\sqrt[3]{i \cdot n}}, \quad (8)$$

где  $D$  - диаметр цилиндра двигателя, см,  $i$  - число уплотнительных колец.

Утечка газов из цилиндра происходит через зазор между кольцом и канавкой, неплотности прилегания кольца к зеркалу цилиндра, через замок кольца, а также через

клапаны газораспределительного механизма. Сложность конфигурации этих зазоров, неопределенность их изменения в процессе эксплуатации делает затруднительным точный аналитический учет процессов истечения газа и приводит к необходимости оперировать условной величиной эквивалентного зазора цилиндропоршневой группы  $d_p$  и его площадью  $f_H$ . Для возможности качественного анализа влияния утечек в работе можно использовать полуэмпирическое уравнение в дифференциальной форме:

$$\frac{dG}{dt} = \frac{D \cdot f_H \cdot (P_i - P_k)}{16 \cdot k_1 \cdot v}, \quad (9)$$

где  $P_i$  и  $P_k$  - давление в цилиндре двигателя и картере, соответственно,  $k_1$  - коэффициент показывающий отношение сопротивления кольцевой щели к круглой,  $v$  - коэффициент кинематической вязкости рабочего тела,  $d_p$  - эквивалентный зазор между поршнем и цилиндром

Недостатками выражений (1...8) является то, что они позволяют оценить показатели рабочего тела в характерных точках индикаторной диаграммы, но не позволяют рассчитать промежуточные значения с учетом сложного нестационарного характера взаимодействия различных факторов.

Выражение (9) представлено в дифференциальной форме, лишено этих недостатков и в принципе может использоваться для расчета утечек воздуха дизеля с масломпрыском, если в понятие «эквивалентный зазор» включить влияние наличия масла на гидродинамические характеристики зазора. Однако оно должно использоваться в составе системы дифференциальных уравнений массового и энергетического баланса рабочего тела, а не с уравнениями (1 и 2). В уравнение (9) вместо температуры рабочего тела включена вязкость, которую в конечном итоге необходимо вычислять через температуру. Кроме того, не учитывается характер истечения газа из зазора (адиабатическое расширение).

Потери тепла зарядом в процессе сжатия определяются формулой теплоотдачи от газа к стенкам внутрицилиндрового пространства (формула Ньютона):

$$\frac{dQ_w}{d\varphi} = \alpha_T \cdot F \cdot (T - T_w) \cdot k \cdot \frac{1}{21600 \cdot n}, \quad (10)$$

где  $\frac{dQ_w}{dt}$  - элементарное количество энергии, подведенное к рабочему телу (или отведенное от него) в процессе теплообмена со стенками цилиндра,  $\alpha_T$  - коэффициент теплообмена со стенками камеры сгорания;  $F$  - текущая площадь теплообмена;  $T_w$  - средняя температура стенки камеры сгорания;  $k$  - коэффициент перевода в кДж.

Для определения коэффициента теплоотдачи в настоящее время предложено много формул, например, Вошни [5]:

$$\alpha_T = 110 \cdot \frac{P^{0,8} \cdot w^{0,8}}{T^{0,53} \cdot D^{0,2}} + \varepsilon_n \cdot \sigma_0 \cdot \frac{(T/100)^4 - (T_w/100)^4}{T - T_w}, \quad (11)$$

где  $\varepsilon_n$  - степень черноты пламени,  $\sigma_0$  - коэффициент излучения абсолютно черного тела, кДж/(м<sup>2</sup>·с·К),  $w$  - суммарная скорость газов в цилиндре, м/с.

В период газообмена:

$$w = 6,18 \cdot C_n, \quad (12)$$

где  $C_n$  - средняя скорость поршня.

В период сжатия:

$$w = 2,28 \cdot C_n, \quad (13)$$

В настоящей работе предлагается математическая модель для описания процессов в цилиндре поршневого двигателя внутреннего сгорания на основе системы дифференциальных уравнений массового и энергетического баланса рабочего тела [6, 7] и уравнения состояния. Дифференциальная форма лучше отражает суть процессов в камере сгорания, как в динамической системе, учитывает физические свойства рабочего тела (теплоемкость, внутреннюю энергию) в зависимости от текущего состояния (температуры, давления), позволяет решать сопряженные задачи расчета процессов наполнения и сжатия, теплообмена со стенками камеры сгорания, определения утечек заряда.

Основой метода энергетического баланса является уравнение первого закона термодинамики в дифференциальной форме:

$$dQ = dU + dL, \quad (14)$$

где  $dQ$  - изменение количества теплоты подведенной к рабочему телу,  $dU$  - изменение внутренней энергии рабочего тела,  $dL$  - работа совершаемая рабочим телом.

Изменение количества теплоты, подведенного или отведенного от рабочего тела за элементарный промежуток времени:

$$dQ = Q_w + dQ_n - dQ_m, \quad (15)$$

где  $dQ_w$  - количество теплоты, подведенное или отведенное в процессе теплообмена со стенками цилиндра,  $dQ_n$  - количество теплоты подведенное с воздухом, поступившим в цилиндр через впускные органы,  $dQ_m$  - количество теплоты, отведенное с газами, вышедшими из цилиндра через выпускные органы.

Внутренняя энергия рабочего тела в произвольный момент времени:

$$U = u'G', \quad (16)$$

где  $u'$  - удельная внутренняя энергия воздуха,  $G'$  - масса воздуха в цилиндрах.

Работа газов в цилиндре складывается:

$$dL = dL_v + dL_n + dL_m, \quad (17)$$

где  $dL_v$  - работа перемещения поршня,  $dL_n$  - работа перемещения воздуха, поступающего в цилиндр через впускные органы,  $dL_m$  - работа перемещения газов, выходящих из цилиндра через выпускные органы.

Система уравнений энергетического и массового балансов в общем виде:

$$\frac{dT}{dt} = \left( \frac{dQ_w}{dt} + \frac{dQ_n}{dt} - \frac{dQ_m}{dt} - u' \frac{dG'}{dt} + \frac{dL}{dt} \right) \cdot \frac{1}{C_v \cdot G'}$$

$$\frac{dG'}{dt} = \frac{dG'_n}{dt} - \frac{dG'_m}{dt} - \frac{dG'_p}{dt} + \frac{dG'_g}{dt}, \quad (18)$$

$$P = \frac{G' \cdot R \cdot T}{V}$$

$$dG' = dG_n - dG_m - dG_p + dG_g, \quad (19)$$

где  $G'_n$  - количество воздуха, поступившего в цилиндр через впускной клапан,  $G'_m$  - количество воздуха, вышедшего из цилиндра через выпускной клапан,  $C_v$  - удельная изохорная теплоемкость воздуха,  $dG_p$  - элементарное уменьшение массы рабочего тела вследствие утечки через зазор между поршнем и цилиндром;  $dG_g$  - элементарное увеличение массы рабочего тела вследствие подачи сжатого воздуха.

Уравнения (18) и (19) составляют методологическую основу синтеза рабочего цикла двигателя при прокручивании коленчатого вала сжатым воздухом на пусковых режимах. Величина  $u'$  вычисляется

на основании известных из термодинамики выражений:

$$u' = c'_v(T) \cdot T, \quad (20)$$

где  $c'_v(T)$  - удельная изохорная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·К):

$$c'_v = 0.62706 + 2.776 \cdot 10^{-4} \cdot T - 5.411 \cdot 10^{-8} \cdot T^2, \quad (21)$$

Элементарный расход воздуха через проходные сечения впускных и выпускных клапанов и зазор между поршнем и цилиндром определяется из уравнения:

$$\frac{dG}{d\varphi} = \frac{\sqrt{1000}}{6} \frac{\mu f}{n} \frac{P_1}{\sqrt{RT_1}} \sqrt{2 \frac{k}{k-1} \left[ \left( \frac{p_f}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{p_f}{P_1} \right)^{\frac{(k+1)}{k}} \right]}, \quad (22)$$

где  $\mu f$  - эффективное проходное сечение клапана (зазора),  $P_1$ ,  $T_1$  - давление и температура газов перед сечением,  $p_f$  - условное давление в минимальном сечении,  $k$  - показатель адиабаты.

Для описания процесс течения газов в зазоре между поршнем и цилиндром предлагается определять величину  $\mu f$  по выражению:

$$\mu f = \pi \cdot D_p \cdot d_p, \quad (23)$$

где  $d_p$  - эквивалентный зазор между поршнем и цилиндром, учитывающий геометрию поршня, гильзы цилиндра, поршневых колец и замков, наличие масла в зазоре и другие факторы которые невозможно оценить в рамках нульмерной математической модели.

Величина  $d_p$  может быть определена на основании результатов экспериментальных исследований.

Элементарное количество теплоты, подведенное к рабочему телу (или отведенное от него) в процессе теплообмена со стенками цилиндра, находится из уравнения теплоотдачи с использованием уравнения Ньютона (10) и зависимости Вошни (11). Так как при отсутствии сгорания радиационной составляющей теплообмена можно пренебречь, формула Вошни для режима прокручивания дизеля сжатым воздухом преобразуется к виду:

$$\alpha_T = 110 \cdot \frac{P^{0,8} \cdot w^{0,8}}{T^{0,53} \cdot D_p^{0,2}}, \quad (24)$$

Поверхность теплообмена складывается из:

$$F = F_n + F_z + F_u, \quad (25)$$

где  $F_n$  - площадь днища поршня;  $F_z$  - площадь головки цилиндра;  $F_u$  - текущая площадь поверхности втулки цилиндра.

Для определения расхода воздуха через органы впуска и выпуска, воздушного пуска, утечек в зазоре «поршень-цилиндр», подачи воздуха через систему воздушного пуска используется подмодель на основе уравнений (18...23). Механические связи между блоками алгоритма определяются из известных кинематических зависимостей. Гидравлические связи включают параметры состояния газа (температура и давление) и его расход через эти связи в дифференциальной форме. Интегральные показатели определяются методом Рунге-Кутта с постоянным шагом интегрирования – 0,0001 с либо другим численным методом. Длительность расчета выбирается исходя из того, что показатели рабочего тела стабилизируются после 2-го цикла.

Идентификация математической модели была выполнена с использованием результатов экспериментального исследования дизеля типа ЧН15/18 с воздушным пуском в «климатической камере» ОАО «НИИ Автотракторной техники». Исходные данные принимались исходя из действительных технических характеристик двигателя типа ЧН15/18. Значение эквивалентного зазора между поршнем и цилиндром (см. уравнение 23) подбиралась исходя из экспериментально полученной величины максимального давления сжатия, оно составило 0,074 мм (действительный зазор между головкой поршня и цилиндра составляет 0,006...0,008 D, между юбкой и цилиндром – 0,001...0,002 D). Потери воздуха за цикл – 10 %, что соответствует результатам экспериментальных исследований. Расчетные и экспериментальные индикаторные диаграммы, подтверждающие адекватность предложенной математической модели, приведены на рисунке 1.

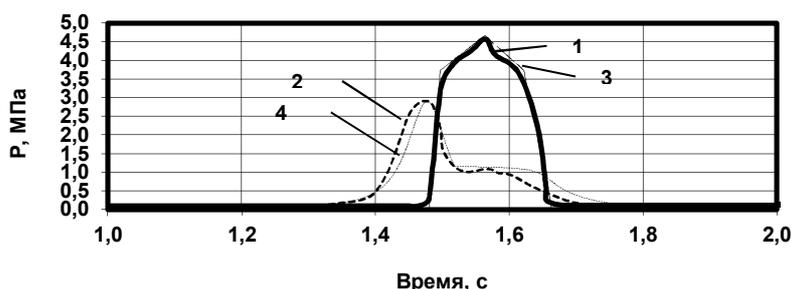


Рис. 1. Индикаторные диаграммы дизеля при прокручивании двигателя типа ЧН15/18 воздухом:  
 1 - давление воздуха на выходе из воздухораспределителя (эксперимент); 3 - давление воздуха на выходе из воздухораспределителя (расчет); 2 – давление в 1-ом левом цилиндре (эксперимент); 4 – давление в цилиндре (расчет)

**Заключение**

Достоинства предлагаемой математической модели заключаются в том, что: расчетная система является полностью замкнутой, дифференциальной, что позволяет рассчитывать нестационарные режимы и процессы; в ходе расчета учитывается текущее состояние рабочего тела и частота вращения коленчатого вала; имеется возможность определения утечек рабочего тела через зазор между поршнем и цилиндром с учетом его геометрических параметров, наличия масла, текущих значений характеристик рабочего тела; математическая модель является универсальной, может быть использована для расчета дизелей с воздушной и электростартерной системами пуска, а также с пусковым двигателем, с различными средствами тепловой подготовки и облегчения пуска, как пусковых, так и рабочих режимов (при наличии подмодели горения топлива).

Разработанная на основе математической модели расчетная методика использована при совершенствовании пусковых характеристик дизелей Челябинского тракторного и Алтайского моторного заводов.

**Библиографический список**

1. Николаенко, А.В. Теория, конструкция и расчет автотранспортных двигателей. Учебное пособие / А.В. Николаенко. – М.: Колос, 1984. – 400 с.
2. Купершмидт, В.Л. Влияние утечек заряда воздуха на процесс сжатия при пуске дизеля / В.Л. Купершмидт // Тракторы и сельхозмашины. – 1968. – № 12. – С. 34-35.
3. Купершмидт, В.Л. Улучшение пусковых качеств дизелей / В.Л. Купершмидт // Труды НАТИ. – 1968. – № 200. – С. 13-15.

4. Энглиш, К. Поршневые кольца / К. Энглиш. – М.: Машиностроение, 1962. – 493 с.
5. Розенблит, Г.Б. Теплопередача в дизелях / Г.Б. Розенблит. – М.: Машиностроение, 1977. – 216 с.
6. Малозёмов, А.А. Математическая модель двигателя на основе системы дифференциальных уравнений энергетического и массового балансов / А.А. Малозёмов // Научный вестник. Повышение эффективности силовых установок колесных и гусеничных машин». – Челябинск: ЧВВАКИУ, 2006. – Выпуск 18. – С. 10-12.
7. Малозёмов, А.А. Расчет рабочего цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания методом энергетического и массового баланса рабочего тела «MAEngine» / А.А. Малозёмов // Компьютерные учебные программы и инновации. – 2006. – №10. – С. 14-15.

**MATHEMATICAL MODEL OF WORKING PROCESS OF DIESEL ENGINE THE MODES OF START-UP**

V.N. Bondr

**Abstract.** Improving the starting characteristics of diesel engines due to the development of methods of mathematical modeling of the start-up process. Currently there is a widespread lightweight (formal and semi-empirical) mathematical models of the processes in the combustion chamber. This article proposes a mathematical model to describe the processes in the cylinder of a piston internal combustion engine on the basis of the system of differential equations of mass and energy balance of the working fluid and the equation of state. Differential form better reflects the nature of the processes in the combustion chamber, as in a dynamic system that takes into account the physical properties of the working fluid (heat capacity, internal energy) depending on the current state (temperature, pressure), allows to solve conjugated problems of calculation of processes of filling and compression, heat exchange with the walls of the combustion chamber determine the leakage of charge. The method of energy balance is the equation of the first law of thermodyna-Mickey in the differential.

### References

1. Nikolaenko A.V. *Teorija, konstrukcija i raschet avtotransportnyh dvigatelej. Uchebnoe posobie* [Theory, design and calculation of vehicle engines. Training manual]. Moscow, Kolos, 1984. 400 p.
2. Kupersmidt V.L. Vlijanie utechek zarjada vozduha na process szhatija pri puske dizelja [The Influence of leakage of the air charge in the compression process at start-up of diesel]. *Traktory i sel'hozmashiny*, 1968, no 12. pp. 34-35.
3. Kupersmidt V.L. Uluchshenie puskovyh kachestv dizel'nyh [Improvement of the starting characteristics of diesel engines]. *Trudy NATI*, 1968, no 200. pp. 13-15.
4. Jenglish K. *Porshnevye kol'ca* [Piston rings]. Moscow, Mashinostroenie, 1962. 493 p.
5. Rozenblit G.B. *Teploperedacha v dizeljah* [Heat transfer in diesel engines]. Moscow, Mashinostroenie, 1977. 216 p.
6. Malozjomov A.A. Matematicheskaja model' dvigatelja na osnove sistemy differencial'nyh uravnenij jenergeticheskogo i massovogo balansov / A.A. Malozjomov [A mathematical model of the engine on the basis of the differentiation-mathematical equations of energy and mass balances]. *Nauchnyj vestnik*.

*Povyshenie jeffektivnosti silovyh ustanovok kolesnyh i gusenichnyh mashin*». Cheljabinsk: ChVVAKIU, 2006, no 18. pp. 10-12.

7. Malozjomov A.A. Raschet rabocheho cikla porshnevoego dvigatelja vnutrennego sgoranija metodom jenergeticheskogo i massovogo balansa rabocheho tela «MAEngine» [Calculation of the operating cycle of a piston internal combustion engine the method of energy and mass balance of the working body]. *Komp'juternye uchebnye programmy i innovacii*, 2006, pp. 10. – pp. 14-15.

**Keywords:** mathematical model the cylinder of a piston engine, the differential-different equations.

*Бондарь Владимир Николаевич (Челябинск, Россия) – директор НП «Сертификационный центр автотракторной техники», кандидат технических наук, доцент. (454080, г. Челябинск ул. Ленина, 76, e-mail: dima11780@inbox.ru).*

*Bondar, Vladimir (Russian Federation Chelyabinsk) – director of "Certification center of automotive engineering", candidate of technical Sciences, associate Professor. (454080, Chelyabinsk, Lenin str., 76, e-mail: dima11780@inbox.ru).*

## РАЗДЕЛ V

# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 338.2(075.8) 38:512

### УПРАВЛЕНИЕ СБАЛАНСИРОВАННЫМ РАЗВИТИЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В.В. Бирюкова

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы достижения сбалансированного развития нефтяной отрасли в целом и нефтяных компании, в частности. Показано целостное видение проблемы обеспечения сбалансированного развития предприятий нефтяной промышленности. Выявлены существующие диспропорции и признаки несбалансированности развития отечественных нефтегазодобывающих компаний. Обоснована актуальность и основные направления разработки научно-практического подхода к управлению сбалансированным развитием российских нефтяных компаний в современных условиях.

**Ключевые слова:** нефтегазодобывающая компания, сбалансированное развитие, дисбалансы, факторы разрыва капитализации, управление.

#### Введение

Современное состояние социально-экономического развития России в целом характеризуется сохранением ряда кризисных явлений и настоятельной необходимостью выработки и обоснования конструктивных стратегий преодоления имеющихся проблем и деформаций во всех отраслях национальных хозяйств. Нефтяной комплекс выполняет ключевую роль в экономическом развитии России. По итогам 2014 г. доля отрасли валовом внутреннем продукте (ВВП) составляет более 11%, в экспорте – около 50%, в налоговых поступлениях в бюджетную систему РФ – свыше 45%. Вместе с тем в настоящее время в результате неудовлетворительного решения проблем, возникающих на протяжении многих лет, в нефтяном комплексе страны сложились значительные затруднения в осуществлении процессов инновационной модернизации, связанные с низкой эффективностью деятельности компаний и их нерациональной структурой. Данные вопросы, в том числе в контексте происходящих радикальных изменений, возрастания роли инноваций и нематериальных факторов в развитии нефтяных компаний привлекают все большее внимание и рассмотрены достаточно широким кругом авторов. Однако необходимо отметить некоторую фрагментарность проведенных исследований и возникающую в

связи с этим потребность комплексного изучения сложившейся проблемы и ключевых факторов, определяющих успешное развитие нефтегазовой отрасли.

#### Целостное видение проблемы обеспечения сбалансированного развития предприятий нефтяной промышленности

Нефтегазовый сектор по своей рыночной стоимости превосходит все остальные сектора, представленные на российском фондовом рынке. В России в первую десятку рейтинга крупнейших по рыночной капитализации компаний входят: Газпром, НК «Роснефть», НК ЛУКОЙЛ, «НОВАТЭК» и «Сургутнефтегаз» (рис. 1) [1].

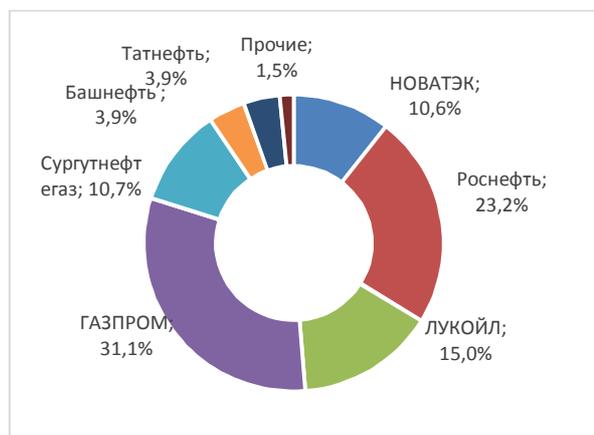


Рис. 1. Структура рынка эмитентов нефтегазовой отрасли в 2014 году, %

Доля компаний нефтегазового сектора в общей капитализации российского рынка составляет 60%, в целом компании топливно-энергетического комплекса занимают почти 42% ВВП России. Рынок нефтяного сектора сильно концентрирован (рис. 2). В отличие от российских, западные компании по капитализации значительно превышают ВВП

своих стран (рис. 2). По данным рейтинга крупнейших компаний мира, лидерами по сумме капитализации остаются компании США, хотя постепенно они теряют свои позиции. Сейчас их доля составляет около 40 %, два года назад она превышала 50 %. Ни одной другой стране пока не удалось достичь более 10 %.

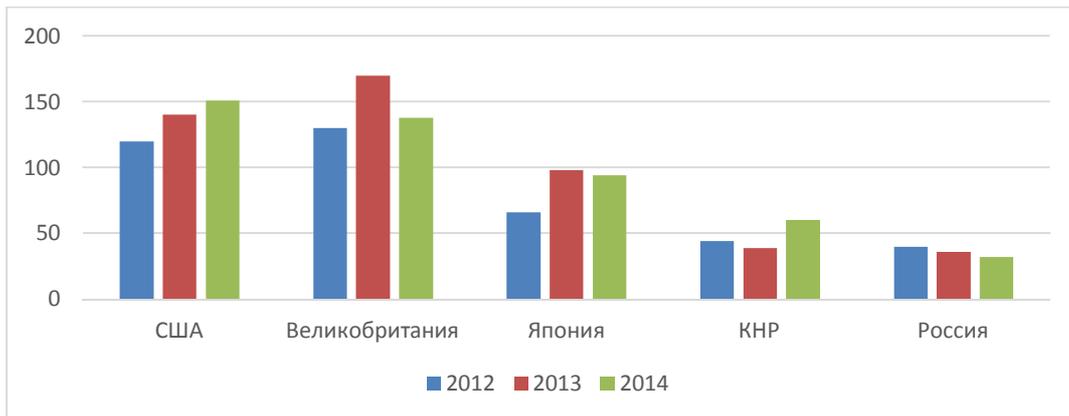


Рис. 2. Доля капитализации нефтяной промышленности в ВВП стран, %

На основе сопоставления среднего отношения акционерной стоимости к основной имущественной составляющей крупнейших нефтегазовых компаний – запасам, выявлен совокупный разрыв по российским компаниям в размере 130 млрд.долл. [среднее значение отношение

капитализации к запасам по российским вертикально-интегрированным нефтяным компаниям (ВИНК) составляет 4, а по западным 18 долл./барр.] (рис. 3). Такой разрыв в капитализации обусловлен также несбалансированным развитием российских ВИНК.

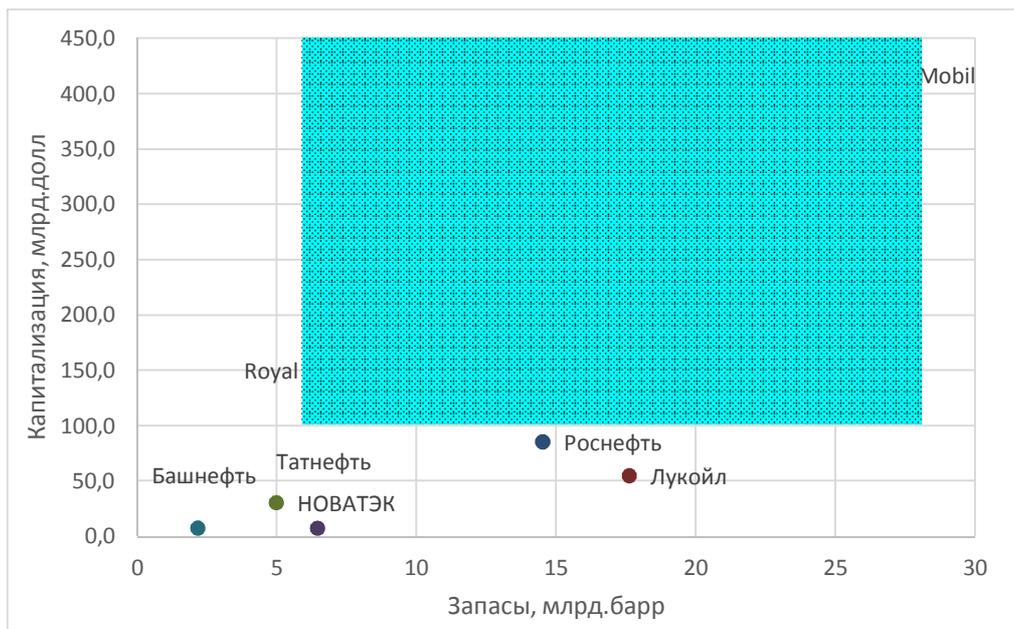


Рис. 3. Сопоставление ВИНК по капитализации и запасам

Выявленный дисбаланс развития российской нефтяной промышленности и ее участников обуславливает актуальность поиска и разработки эффективных методов управления сбалансированным развитием ВИНК. При этом важно учитывать, что в результате радикальных научно-технических, организационно-экономических перемен в настоящее время складывается принципиально новая парадигма ведения бизнеса; российские предприятия сталкиваются со сложными проблемами, обусловленными усилением конкуренции, кардинальным изменением ее природы, источников и механизмов осуществления под влиянием многих факторов-глобализации бизнеса, повышения роли инноваций и нематериальных активов, дифференциации спроса, введением экономических санкций и др. В данных условиях возникает настоятельная потребность переосмысления сложившихся форм и методов предпринимательской деятельности, разработки подходов, обеспечивающих успешное удержание и создание конкурентных преимуществ [2,3]. По нашему

мнению, приоритетным направлением изучения вопроса обеспечения сбалансированного развития ВИНК является определение ключевых факторов, которые оказывают влияние на размер капитализации, а затем разработка инструментов учета системного характера влияния факторов в управлении деятельностью компании, рассматриваемого на основе идей системной парадигмы.

Капитализация ВИНК формируется под воздействием группы макроэкономических, финансовых и производственных факторов. Первые два относятся к неуправляемым факторам, их динамику необходимо учитывать при разработке стратегии развития компании, последняя группа – объект воздействия при разработке инструментов, обеспечивающих рост стоимости бизнеса (рис. 4). По мнению экспертов McKensey, для того, чтобы увидеть общую картину деятельности предприятия и глубинные причины возникновения проблем, достаточно пяти – десяти ключевых факторов стоимости, верхний предел может достигать двадцати.

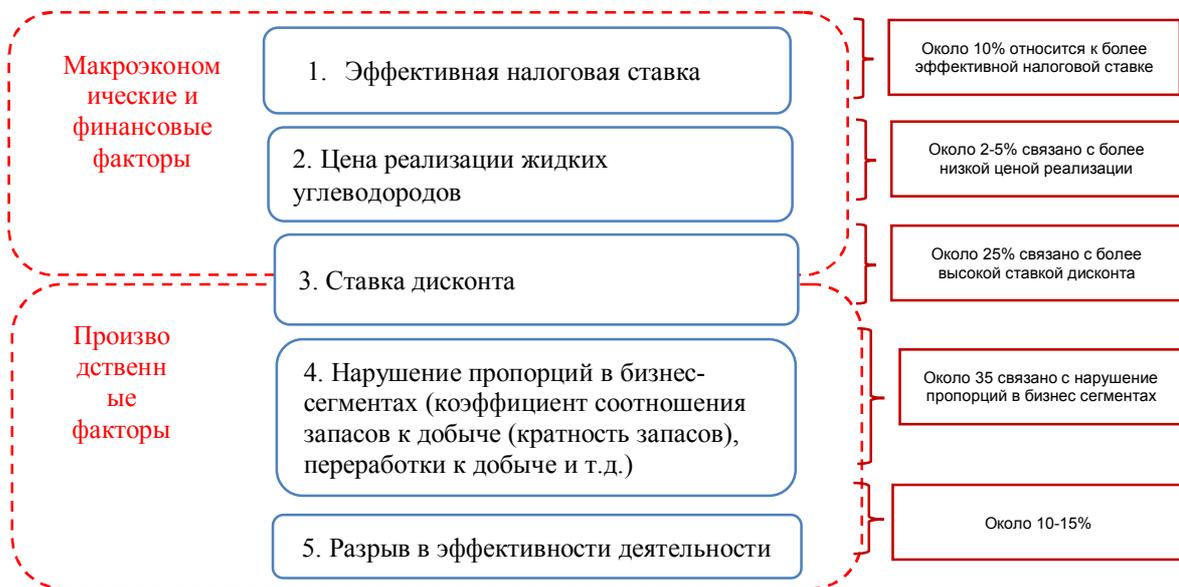


Рис. 4. Факторы разрыва капитализации российских ВИНК от западных компаний

**Управляемые факторы разрыва капитализации российских ВИНК**

Рассмотрим управляемые факторы разрыва капитализации российских ВИНК.

**Первый – ставка дисконта.** Повышение прозрачности корпоративного управления позволит снизить влияние данного фактора. Все крупные компании публикуют ежегодный отчет об устойчивости (Sustainable

development), в которых содержится информация об устойчивом экономическом развитии, социальной ответственности и вкладе этих компаний в оздоровление окружающей среды или, по крайней мере, в сокращение пагубного на неё влияния (рис. 5). К ним относятся Роснефть, Лукойл, Газпром, Башнефть, Татнефть, НОВАТЭК, Газпромнефть.



Рис. 5. Количество компаний, участвующих в индексах DJSI

Согласно динамике изменения влияния фактора устойчивого развития на капитализацию, эта статья расходов компаний принесёт им серьёзный прирост капитализации. В индексах международных

инвестиционных компаний растёт вес нематериальных (социально ответственных) факторов. Последние оцениваются как драйверы создания дополнительного конкурентного преимущества для компаний.



Рис. 6. Компоненты рыночной стоимости компаний, входящих в индекс S&P500 индекс международной инвестиционной компании, поддерживающая индекс устойчивого развития Dow Jones Sustainability Indexes, входит в состав Rabobank Group [4]

В долгосрочной перспективе компании, уделяющие пристальное внимание вопросам устойчивого развития опережают другие компании как по показателям на фондовом рынке, так и по бухгалтерским показателям [5].

Проследить зависимость между капитализацией компании и ее экономической устойчивостью можно с помощью графика (рис. 7). Учтены данные 31 компании,

представленной одновременно в рейтинге капитализации «Эксперт РА» и кредитном рейтинге «Standard&Poors», что позволяет соотнести эти два показателя. Как видно, в данном случае зависимость (между рыночной капитализацией и устойчивостью предприятия как заемщика) является параболической функцией.



Рис. 7. Динамика инвестиций в размере 1 долл. США, сделанной на фондовом рынке в портфели, взвешенные по рыночной стоимости

Российские ВИНК, участвующие в международных рейтингах устойчивого развития, по оценкам агентств значительно отстают от западных компаний.

**Пропорций в бизнес-сегментах.**

Несбалансированное развитие в сегменте «Геологоразведка и добыча» проявилось в следующем:

1. Темп роста добычи нефти существенно опережает темп прироста запасов, что говорит об истощении запасов;
2. Снижение объемов разведочного бурения на 40% от максимального уровня, достигнутого в 2001 г. при одновременном

двойном росте за аналогичный период эксплуатационного бурения;

Несбалансированное развитие в сегменте «Переработка и сбыт» характеризуется:

1. Низким соотношением объема переработки нефти к ее добыче (в России 1:2, а в мире – 2:1). Высокий коэффициент корреляции ( $R^2=0,9$ ) между капитализацией и коэффициентом отношения переработки и добычи нефти подтверждают наличие разрыва в стоимости ВИНК (рис. 8), обусловленный данным фактором (0,5 при уровне в развитых странах 2).

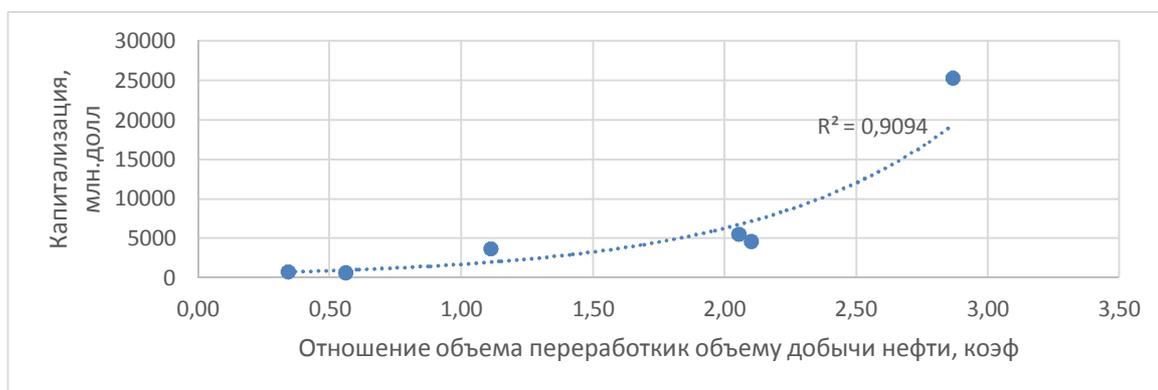


Рис. 8. Зависимость капитализации нефтяной промышленности от отношения объема переработки нефти к ее добыче

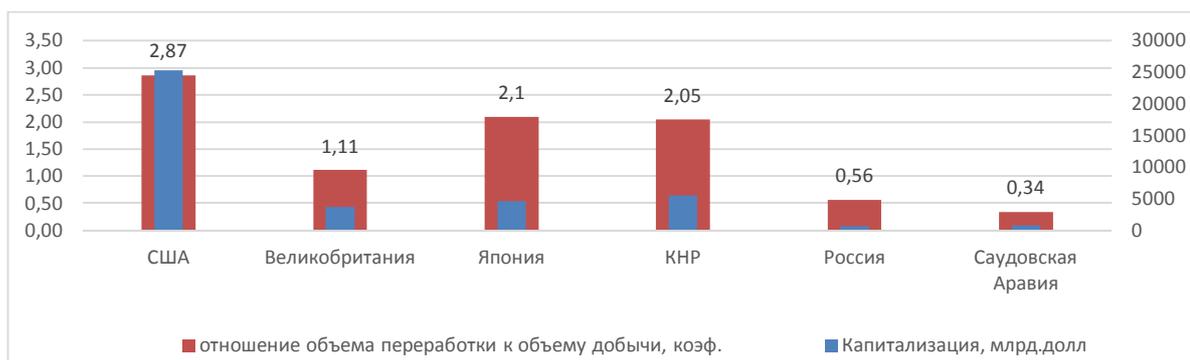


Рис. 9. Капитализация нефтяной промышленности и соотношения переработки нефти к ее добыче

2. Дисбалансом в ассортиментом портфеле: за последние 10 лет производство дизельного топлива (ДТ) превышает потребности внутреннего рынка приблизительно в два раза, при этом по автомобильному бензину ситуация совершенно иная: практически 90% выпускаемых объемов потребляется внутри страны, недостающие объемы импортируются, 40% производства составляет топочный мазут;

3. Экстенсивный характер развития отечественной переработки (глубина переработки снизилась с 72,6% в 2004 году до 72,1% в 2014 году)

**Эффективность деятельности.** Низкая эффективность нефтегазового сектора России, вызванная несбалансированным развитием характеризуется следующими основными проблемами [6, 7]:

1. Низкий коэффициент извлечения нефти. В России он равен 0,3, в Норвегии – 0,45, а в Саудовской Аравии и США – 0,5. Это значит, что российские нефтяники извлекают только 30-35% запасов, остальные 65-70% теряются при добыче и транспортировке;

2. Высокая доля бездействующего фонда скважин (выше 15%), в мире – меньше 5%;

3. Низкая глубина переработки нефти. Глубина переработки на российских НПЗ составляет в среднем около 73%, на НПЗ в США – 93%.

4. Низкий индекс сложности Нельсона, который характеризует сложность выпускаемой продукции. Среднее значение индекса для российских НПЗ составляет 4,5, для Европы – 7,5, для США – 11-12, среднее для мира – 6,7.

Низкая эффективность производства вызвана и несбалансированным подходом к инвестированию. Так, соотношение затрат на НИОКР и добычи для российских компаний в среднем 0,47, среднее для Европы - 1,3, для США – 0,9, для мира – 1,1, свидетельствует о том, что российские нефтегазовые компании существенно отстают от зарубежных аналогов по показателю НИОКР, российская нефтяная промышленность находится на том уровне, на котором находились американские нефтяные компании 20-30 лет назад.

В таблице 1 проведен анализ достижения целевых задач представленных в Проекте энергетической стратегии России на период до 2035 года [6].

Таблица 1 – Проблемы и задачи развития нефтяного комплекса России

Проблема	Существующее положение	Целевой показатель
1. Нерациональное недропользование (низкий коэффициент извлечения нефти, %)	31	40
2 Низкая глубина переработки нефти и невысокое качество нефтепродуктов (глубина переработки)	72,4	89,6
3. Низкий уровень утилизации ПНГ (коэффициент полезного использования попутного нефтяного газа, %)	79	95
4. Высокий износ основных фондов, %	48,3	36,2
5. Низкие темпы геолого-разведочных работ при освоении месторождений (прирост запасов, млн. т)	1360	6508

5. Недостаточная эффективность эксплуатации действующих месторождений (доля бездействующего фонда, %)	15,3	10
6. Потребности в капиталовложениях, млрд. долл.	460	560

**Заключение**

Выявленные разрывы в развитии отечественной нефтяной промышленности указывают на проблематичность достижения основных стратегических ориентиров Энергетической стратегии России на период до 2035 года. Описанные дисбалансы в развитии нефтегазовой отрасли свидетельствуют о необходимости разработки механизма управления сбалансированным развитием нефтяных компаний. Отсутствие на сегодняшний день в методическом аппарате управления нефтяной промышленности соответствующего инструментария негативно сказывается на решении задач повышения эффективности и ее сбалансированного развития на долгосрочной основе.

**Библиографический список**

1. Основные тенденции развития глобальных рынков нефти и газа до 2025 года. ОАО «Лукойл»: [Электронный ресурс] URL:[http://issuu.com/antonvaluisikh/docs/lukoil\\_new\\_print2cut](http://issuu.com/antonvaluisikh/docs/lukoil_new_print2cut) (дата обращения 20.12.2015)
2. Бирюков, В.В. Промышленная политика в условиях неоиндустриализации: подходы к формированию / В.В. Бирюков, В.П. Плосконосова // Вестник СибАДИ. – 2015. - № 3(43) – С. 84-92.
3. Плосконосова, В.П. Конкурентное поведение бизнеса в инновационной экономики/ В.П. Плосконосова, В.В. Бирюков // Вестник СибАДИ. – 2015. – №5. – С.191-194.
4. Standard & Poor's Ratings Services: [Электронный ресурс] URL:[http://www.standardandpoors.com/ru\\_RU/web/guest/home](http://www.standardandpoors.com/ru_RU/web/guest/home) (дата обращения 25.12.2015)
5. Бирюкова, В.В. Механизм управления устойчивым развитием предприятий нефтяного комплекса / В.В. Бирюкова, И.А. Чанышева // Электронный журнал «Нефтегазовое дело», 2015 С.576-589. URL: [http://ogbus.ru/issues/3\\_2015/ogbus\\_3\\_2015\\_p576-589\\_ChanyshevaIA\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/issues/3_2015/ogbus_3_2015_p576-589_ChanyshevaIA_ru.pdf)
6. Бушуев, В.В. Проект энергетической стратегии России на период до 2035 г. (ЭС-2035)/ В.В. Бушуев //Институт энергетической стратегии: [Электронный ресурс]. URL:[http://www.energystrategy.ru/ab\\_ins/source/Bushuev\\_ES-2035-17.02.14.pdf](http://www.energystrategy.ru/ab_ins/source/Bushuev_ES-2035-17.02.14.pdf) (дата обращения 02.12.2015)
7. Гамилова, Д.А. Повышение энергоэффективности как базовый принцип устойчивого развития / Д.А. Гамилова, А.А. Баталова, Л.Ш. Тулебаева, С.В. Алексеева //

Экономика и управление: научно-практический журнал. – 2014. – № 5 (121). – С. 92-95.

**MANAGEMENT OF THE BALANCED DEVELOPMENT OF THE ENTERPRISES OF OIL INDUSTRY**

V. V. Biryukova

**Abstract.** In article questions of achievement of the balanced development of oil branch in general and the oil companies are considered, in particular. Complete vision of a problem of ensuring the balanced development of the enterprises of oil industry is shown. The existing disproportions and signs of imbalance of development of the domestic oil and gas extraction companies are revealed. Relevance and the main directions of development of scientific and practical approach to management of the balanced development of the Russian oil companies in modern conditions is proved.

**Keywords:** oil and gas extraction company, balanced development, imbalances, factors of a rupture of capitalization, management.

**References**

1. Osnovnye tendencii razvitija global'nyh rynkov nefti i gaza do 2025 goda. ОАО «Lukoil»: Available at URL:[http://issuu.com/antonvaluisikh/docs/lukoil\\_new\\_print2cut](http://issuu.com/antonvaluisikh/docs/lukoil_new_print2cut) (accessed 20.12.2015)
2. Birjukov V.V., Ploskonosova V.P. Promyshlennaja politika v uslovijah neoindustrializacii: podhody k formirovaniju [Industrial policy in the conditions of neoindustrialization: approaches to formation] *Vestnik SibADI*, 2015, no 3(43) pp. 84-92.
3. Ploskonosova V.P., Birjukov V.V. Konkurentnoe povedenie biznesa v innovacionnoj jekonomiki [Competitive behavior of business in innovative economy]. *Vestnik SibADI*, 2015, no 5. pp.191-194.
4. Standard & Poor's Ratings Services: [Elektronnyj resurs] URL:[http://www.standardandpoors.com/ru\\_RU/web/guest/home](http://www.standardandpoors.com/ru_RU/web/guest/home) (data obrashhenie 25.12.2015)
5. Birjukova, V.V., Chanyшева I.A. Mehanizm upravlenija ustojchivym razvitiem predpriyatij nefljanogo kompleksa [Mekhanizm of management of a sustainable development of the enterprises of an oil complex]. *Jelektronnyj zhurnal «Neftegazovoe delo»*, 2015 p. 576-589. Available at: [http://ogbus.ru/issues/3\\_2015/ogbus\\_3\\_2015\\_p576-589\\_ChanyshevaIA\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/issues/3_2015/ogbus_3_2015_p576-589_ChanyshevaIA_ru.pdf)
6. Bushuev V.V. Proekt jenergeticheskoj strategii Rossii na period do 2035 g. (JeS-2035) [The project of power strategy of Russia for the period till 2035 (ES-2035)]. *Institut jenergeticheskoj strategii*.

Available at  
URL: [http://www.energystrategy.ru/ab\\_ins/source/Bush\\_uev\\_ES-2035-17.02.14.pdf](http://www.energystrategy.ru/ab_ins/source/Bush_uev_ES-2035-17.02.14.pdf) (data obrashhenie 02.12.2015)

7. Gamilova, D.A., Batalova A.A., Tulebaeva L.Sh., Alekseev S.V. Povyshenie jenergoeffektivnosti kak bazovyj princip ustojchivogo razvitija [Energy efficiency increase as basic principle of a sustainable development]. *Jekonomika i upravlenie: nauchno-prakticheskij zhurnal*, 2014, no 5 (121). pp. 92-95.

*Бирюкова Вера Витальевна (Россия, г. Уфа) – кандидат экономических наук, доцент Уфимского государственного нефтяного технического университета. (450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов 1, e-mail: v.birukova@yandex.ru).*

*Byurikova Vera Vitalyevna (Russian Federation, Ufa) – candidate of economic sciences, the associate professor of the Ufa state oil technical university. (450062, Republic of Bashkortostan, Ufa, Kosmonavtov St. 1, e-mail: v.birukova@yandex.ru).*

УДК 338:001:895

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОМИНИРУЮЩЕГО ИНВЕСТИЦИОННОГО НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КОМПАНИИ. ЧАСТЬ 1

З.В. Горбунова, Н.Г. Уразова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, Иркутск.

**Аннотация.** В статье рассмотрены системно-функциональный и процессный подходы к определению понятия «проект». Выделены методы формирования портфеля проектов по правилу Парето и правилу Борда. Описан процесс определения доминирующего инвестиционного направления развития компании. Рассмотрены этапы реализации предлагаемого процесса определения доминирующего инвестиционного направления развития компании. Предложен способ формирования портфеля проектов доминирующего инвестиционного направления развития компании. Выделены особенности применения предлагаемого процесса в практической деятельности компании.

**Ключевые слова:** проект, портфель проектов, метод анализа иерархий, метод главных компонент, метод парной компенсации.

#### Введение

Компании в целях своего среднесрочного и долгосрочного развития стоит фокусировать действия на достижение запланированных результатов, что может проходить через призму проектного управления – искусства планирования и координации действий по продвижению и реализации разработанного проекта в условиях ограниченности ресурсов и времени, направленного на решение определенных задач для развития компании.

#### Подходы к определению понятия «проект»

В теории проектного менеджмента проект рассматривают с нескольких позиций. Согласно системно-функциональному подходу [1, с. 17], проект представляет собой временное предприятие, предназначенное для создания уникальных продуктов, услуг и результатов. Другой подход, процессный [2, с. 7], рассматривает проект как ограниченное во времени целенаправленное изменение отдельной системы с установленными требованиями к качеству результатов,

возможными рамками расхода средств и ресурсов и специфической организацией.

На основании анализа традиционных подходов [1], [2] к определению понятия «проект» было выявлено, что проект – это целенаправленное изменение элементов системы, осуществляемое для достижения поставленных целей по удовлетворению появившихся потребностей с учетом внутренних и внешних возможностей и ограничений реализующего его субъекта.

В проектном управлении формирование портфеля проектов, как способа решения стратегических задач, можно рассматривать с позиций программно-целевого и проектного подходов. Программно-целевой подход основан на формировании комплекса технологически взаимосвязанных проектов, ограниченных по ресурсам, срокам и исполнителям, и объединенных по единому свойству объекта. Проектный подход основан на формировании портфелей проектов по направлениям развития и объектам, являющихся альтернативными и технологически не связанными.

**Методы формирования портфеля проектов**

Портфель проектов представляет собой совокупность проектов, реализующихся согласно их ранжированию по определенному признаку.

При формировании портфеля проектов необходимо учитывать возможность субъективизма экспертов, оценивающих

проекты; инвестиционную направленность проектов на решение определенного круга задач; ограниченность ресурсов и прочие факторы. Основные методы формирования портфеля проектов были разделены по двум правилам формирования портфеля: правилу Парето и правилу Борда, что отражено в таблице 1.

Таблица 1 – Методы формирования портфеля инвестиционных проектов

<b>Правило Парето</b>	<b>Содержание правила:</b> лучшим из совокупности предполагаемых инвестиционных проектов является вариант, для которого нет ни одного варианта по заданным критериям не хуже него, а хотя бы по одному показателю лучше. При этом для сравнения проектов по определенным критериям составляются таблицы предпочтений, в которых отражаются преимущества анализируемых проектов	
	<i>Метод</i>	<i>Суть метода</i>
	Выделение главного критерия (условная максимизация)	Выбирается наиболее важный из всего набора критериев и проводится его оптимизация при условии того, что значения остальных критериев не хуже уже заданных фиксированных значений, считающихся удовлетворительными;
	Метод идеальной точки	Имеется точка, в которой достигается максимум по всем критериям, она и является оптимальной;
	Метод порогов несравнимости ELECTRE [3]	Основан на полном парном сравнении группы многокритериальных альтернатив посредством формирования индексов согласия и несогласия, которые определяют гипотезу превосходства одной альтернативы над другой на основании весов критериев;
Метод парной компенсации [4, с. 132-150]	Основан на определении лучшей альтернативы посредством сравнения ранжированных недостатков по выбранным показателям;	
<b>Правило Борда</b>	<b>Содержание правила:</b> инвестиционные проекты ранжируются по значениям каждого критерия в порядке убывания. Каждому значению критерия присваивается весовой коэффициент. Сумма всех весовых коэффициентов равна единице. Лучший инвестиционный проект характеризуется максимальным значением такого взвешенного ранга	
	<i>Метод</i>	<i>Суть метода</i>
	Линейная свертка	Задаются весовые неотрицательные коэффициенты, обозначающие степень важности каждого критерия, и максимизируется линейная комбинация целевых функций;
	Минимизация суммы относительных отклонений	Решение задачи минимизации линейной комбинации с неотрицательными весовыми коэффициентами, обозначающими важность $i$ -критерия, относительных отклонений;
	Подход многокритериальной теории полезности [4]	Основан на определении функций полезности каждой альтернативы и выбор той, которая имеет наибольший показатель полезности при заданных условиях; построение многокритериальной функции полезности зависит от оценок альтернатив по критериям;
Метод анализа иерархий	Основан на выборе лучшей альтернативы посредством определения относительных значимостей попарно сравниваемых альтернатив, численно выраженных в виде векторов приоритетов, по всем критериям, находящимся в иерархии.	

**Процесс определения доминирующего инвестиционного направления развития компании**

При формировании инвестиционного портфеля важно определить, по какому направлению будет развиваться компания, и как оценивать значимость этого направления.

Компании могут формировать инвестиционные направления в любой своей деятельности: производственной, экологической, финансовой, информационной, логистической, культурно-социальной, организационно-управленческой, маркетинговой и т.д. Реализация

инвестиционных направлений должна способствовать решению стратегических задач компании и, как следствие, наращиванию конкурентных преимуществ.

Для решения данной проблемы нами предлагается процессный подход, в котором рекомендовано использовать математические методы и методы теории принятия решений, что позволяет применять интегральные критерии оценки, информационные технологии и учитывать субъективные аспекты при осуществлении выбора альтернативы; получать детальное представление о взаимодействии критериев и их влиянии на каждый проект; учитывать достоинства и недостатки проектов и

инвестиционных направлений развития компании.

Схема предлагаемого процесса по определению доминирующего инвестиционного направления развития компании представлена на рисунке 1.

Реализация предлагаемого процесса состоит из следующих этапов:

1. Определение возможных критериев оценки инвестиционных направлений. Критерии оценки могут быть определены при помощи дискуссии или экспертной оценки, для которой уместно использовать метод средних арифметических рангов для избегания проблем, связанных с определением порядковой шкалы.

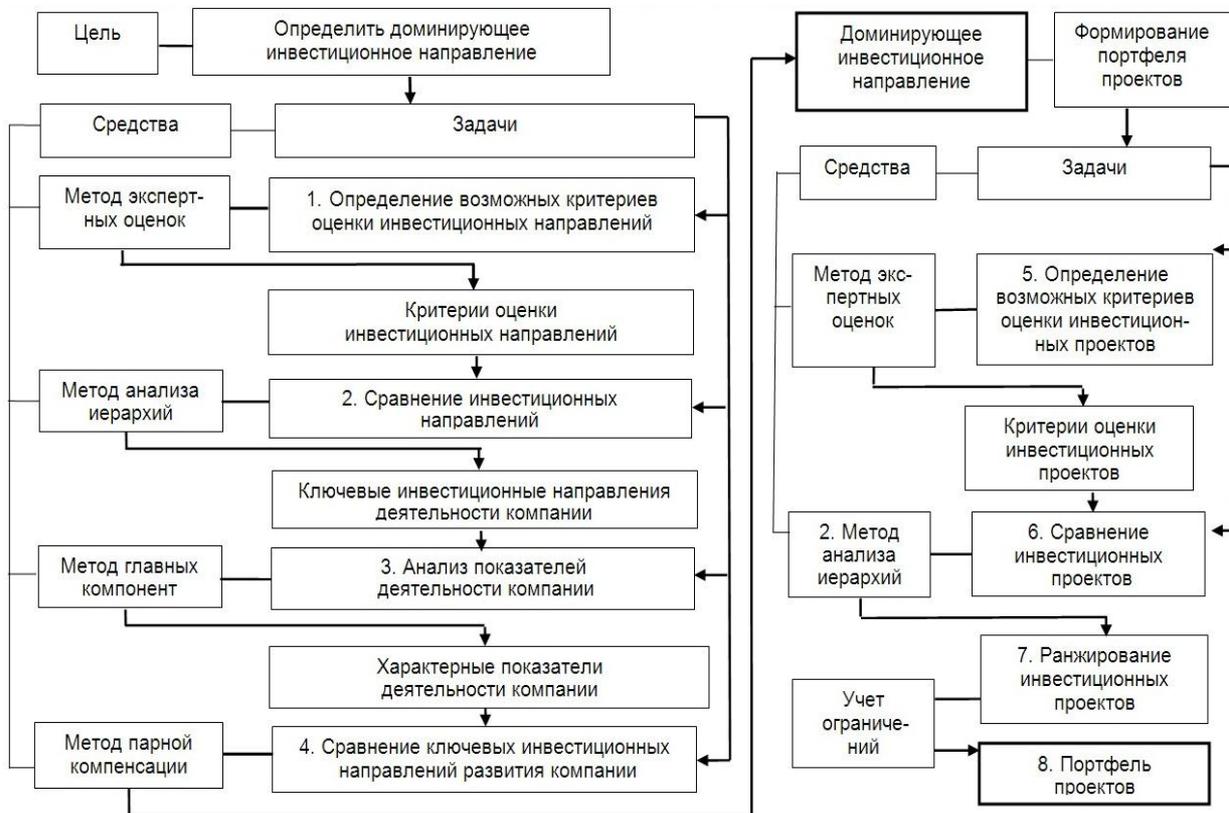


Рис. 1. Структурная схема процесса по определению доминирующего инвестиционного направления развития компании

2. Сравнение инвестиционных направлений. Для решения этой задачи было предложено применение метода анализа иерархий Т. Саати [5]. Этот метод наиболее полно позволяет определить вес каждого инвестиционного направления по отдельным критериям и вес отдельно взятого критерия в

рамках каждого инвестиционного направления, что позволяет делать выводы о достоинствах инвестиционных направлений. Процедуры метода анализа иерархий представлены на рисунке 2. Данный метод проводится лицом, принимающим решение, – обычно менеджером отдела или компании.

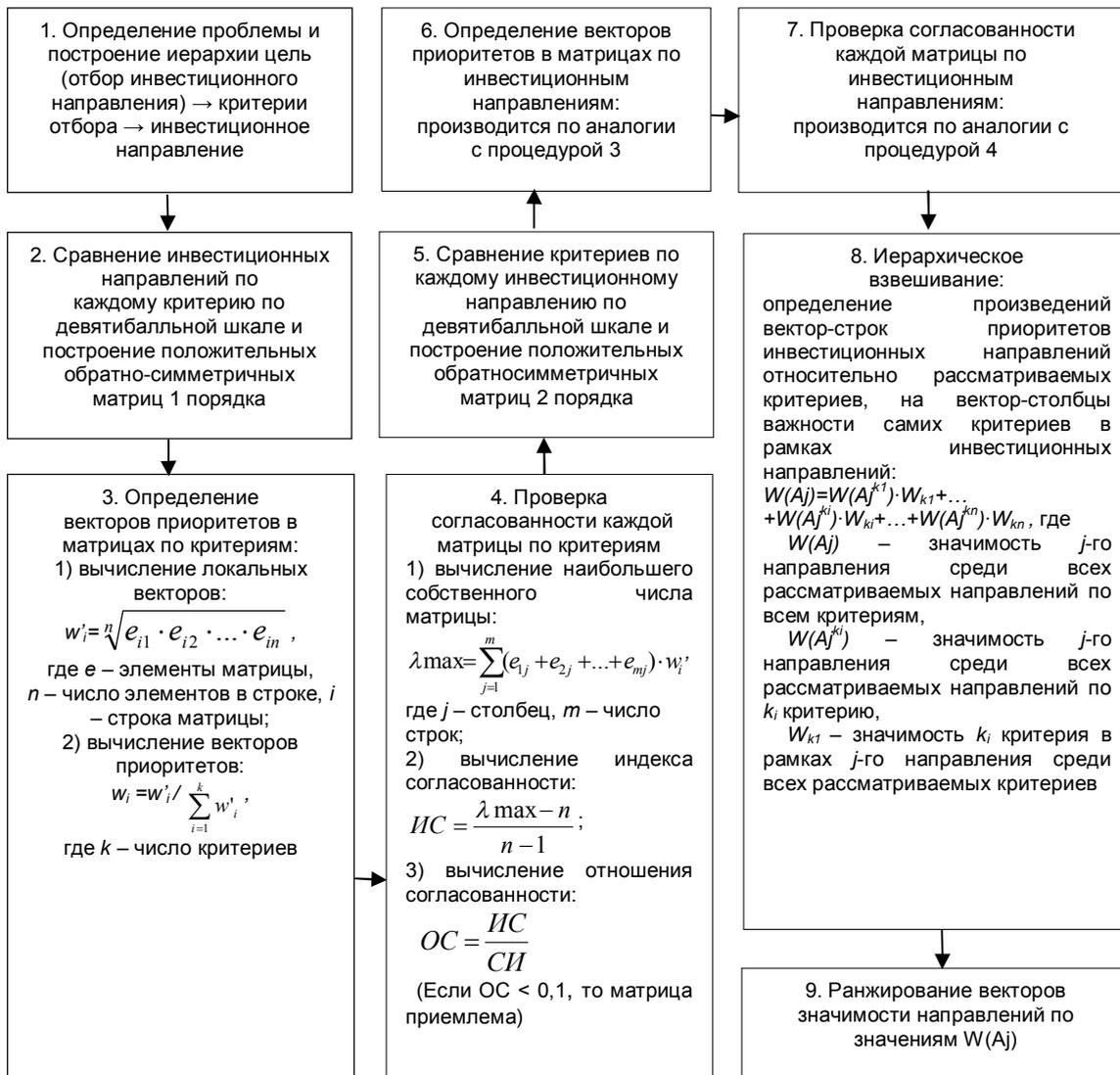


Рис. 2. Процедуры метода анализа иерархий Т. Саати Примечание: значения СИ смотреть в [6]

После получения результатов ранжирования инвестиционных направлений можно сделать предварительные выводы: если одно инвестиционное направление развития имеет весомое преимущество, то оно признается доминирующим. Если несколько направлений имеют схожие показатели соотношений векторов значимости, то необходимы дополнительные исследования по определению недостатков

ключевых инвестиционных направлений развития компании.

3. Анализ показателей деятельности компании: возможно производить при помощи метода главных компонент Пирсона [7], его этапы представлены на рисунке 3. Метод позволяет определить характерные показатели деятельности компании среди множества показателей.



Рис. 3. Подэтапы метода главных компонент

Метод главных компонент предназначен для структуризации данных посредством сведения множества переменных к меньшему числу новых переменных, которые содержали бы большую часть дисперсии значений исследуемых данных.

В целях определения наиболее значимых показателей деятельности компании, нами было предложено расширить метод и применить дополнительно шестой шаг: из полученной матрицы главных компонент (см. шаг 3.5 на рис. 3) находится среднеарифметическое значение каждой строки, так как каждая строка – это проекция стандартизованных переменных на ось главных компонент, и ее можно рассматривать как значение показателя в новой системе координат. Те показатели, которые будут иметь максимальные среднеарифметические стандартизованные значения, будут определяться, как характерные показатели развития компании, и использоваться для

сравнения ключевых инвестиционных направлений.

4. Сравнение ключевых инвестиционных направлений развития компании. Для того чтобы выявить, какое из ключевых инвестиционных направлений является доминирующим для его дальнейшей реализации, возможно применение метода парной компенсации. Метод состоит из следующих этапов:

1) ранжирование важности недостатков по характерным показателям по предпочтениям лица, принимающего решения, для каждого ключевого инвестиционного направления, что представлено в таблице 2. На данном этапе детально попарно рассматриваются ключевые инвестиционные направления, отмечая, какие недостатки есть у одного направления и отсутствуют у другого. После этого недостатки ранжируются по степени значимости в сводной таблице недостатков.

Таблица 2 – Сводная таблица недостатков альтернатив

Характеристики направления $A_1$	Ранжирование недостатков для $A_1$	Ранжирование недостатков для $A_2$	Характеристики направления $A_2$
Характеристика 1			Характеристика 1
Характеристика 2			Характеристика 2
...			...
Характеристика n			Характеристика n

Ранг 1 присваивается той характеристике, которая отображает наибольший недостаток, по мнению лица, принимающего решение, далее – по возрастанию рангов;

2) построение базовой альтернативы, не обладающей недостатками. К базовой альтернативе добавляются основные недостатки реальных альтернатив, чтобы показать, что недостатки одной из них более существенны, чем другой;

3) составление таблиц недостатков альтернатив по показателям в зависимости от их ранжирования и сравнение недостатков альтернатив;

4) менее предпочтительная альтернатива, обладающая большим числом недостатков, исключается, а более предпочтительная признается доминирующей.

После того, как было определено доминирующее направление, компании следуют сформировать портфель проектов для его реализации. Механизм формирования портфеля предложен на рис. 1. Сравнение инвестиционных проектов на основании определенных методом арифметических рангов критериев целесообразно осуществлять на основании метода анализа иерархий. Применяя данный метод можно в результате произвести ранжирование проектов по совокупности критериев. Формировать портфель проектов необходимо, учитывая ограничения, которые задаются компанией (часто это объем финансирования направлений и программ).

#### Выводы

Предложенный подход позволяет производить выбор доминирующего инвестиционного направления развития, учитывать субъективные и объективные составляющие выбора, использовать количественные и качественные критерии оценки; определять степени влияния критериев на проекты; анализировать достоинства и недостатки инвестиционных направлений развития компании; использовать доступную информацию из аналитических данных компаний и выявлять основные показатели деятельности компании; доступно для понимания осуществлять расчеты и снижать процент ошибки неправильного выбора и формирования портфеля проектов, что необходимо для его дальнейшей реализации и, как следствие, наращивания конкурентных преимуществ компании.

#### Библиографический список

1. Фунтов, В.Н. Основы управления проектами в компании / В. Н. Фунтов. – СПб.: Питер, 2006. – 320 с.: ил.
2. Новиков, Д.А. Управление проектами: организационные механизмы / Д. А. Новиков. – М.: ПМСОФТ, 2007. – 140 с.
3. Дубров, А.М. Компонентный анализ и эффективность в экономике: учеб. пособие / А. М. Дубров. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 352 с.: ил.
4. Ларичев, О.И. Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений / О.И. Ларичев, Е.М. Мошкович. – М.: Наука. Физмалит, 1996. – 208 с.
5. Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.: ил.
6. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.: ил.
7. Колчина, З.В. Стратегии инновационного развития в энергетике: монография / З. В. Колчина, Н. Г. Уразова. – Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2012. – 204 с.
8. Бендат, Дж. Применения корреляционного и спектрального анализа / Дж. Бендат, А. Пирсол; пер с англ. – М.: Мир, 1983. – 312 с., ил.

#### DEFINITION OF THE DOMINATING INVESTMENT DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF THE COMPANY. PART 1

Z.V. Gorbunova, N. G. Urazova

**Abstract.** The article considers system-functional and processing approaches to definition of the term «project». Authors mark out methods of forming of projects' portfolio on rule of Pareto and rule of Bord. The article considers the process of detection of the dominant investment area for the development of companies. Steps of realization of the suggested process of detection of the dominant investment area for the development of companies are expounded in the article material. Authors suggested worked out the methodical approach of the forming of projects' portfolio of the dominant investment area for the development of companies. They single out specifics of using of the suggested process in practical activity of the company.

**Keywords:** the project, the projects' portfolio, analytical hierarchy method, principal components method, pair compensation method.

#### References

1. Funtov, V. *Osnovy upravleniya proektami v kompanii* [The base of management of projects in company]. Piter Press, Saint-Petersburg, 2008, 336 p.
2. Novikov, D. *Upravlenie proektami: organizacionnye mekhanizmy* [Management of projects: organizational mechanisms]. PMSOFT Press, Moscow, 2007, 140 p.
3. Dubrov A. *Komponentniy analiz I effektivnost v ekonomike* [Component analysis and efficiently in

economics]. Finance and statistics, Moscow, 2002, 352 p.

4. Larichev O. *Kachestvennye metody prinyatiya resheniy. Verbalnyy analiz resheniy* [Quality decision-making methods. Verbal analysis of decisions]. Science, Moscow, 1996, 208 p.

5. Saati, T., Kerns, K. *Analiticheskoe planirovanie. Organizatsiya sistem* [Analytical planning. Organization of systems]. Radio and connection Press, Moscow, 1991, 224 p.

6. Saati, T. *Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarhiy* [Acceptance of the solving: analytical hierarchy method]. Radio and connection Press, Moscow, 1993, 320 p.

7. Kolchina, Z. and Urazova, N. *Strategii innovatsionnogo razvitiya v energetike* [Strategies in innovative development in energetic industry]. Irkutsk State Technical University Press, Irkutsk, 2012, 204 p.

8. Bandat, G. *Primenenie korrelyatsionnogo i spektral'nogo analiza* [Using of correlated and spectral analysis]. The World, Moscow, 1983, 312 p.

Горбунова Зинаида Васильевна (Иркутск, Россия) – кандидат экономических наук, доцент каф. «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, e-mail: flocean@mail.ru).

Уразова Нина Геннадьевна, (Иркутск, Россия) – кандидат экономических наук, доцент, доцент каф. «Управление промышленными предприятиями» ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83).

Gorbunova Zinaida V. (Irkutsk, Russian Federation) – candidate of economics science, Ass. Professor, Department of Automobile transport, Irkutsk National Research Technical University (664074, Lermontov st., 83, e-mail: flocean@mail.ru).

Nina G. Urazova (Irkutsk, Russian Federation) – candidate of economics science, Ass. Professor, Department of Management industrial enterprises, Irkutsk National Research Technical University (664074, Lermontov st., 83).

УДК 336

### ВНУТРЕННИЙ КОНТРОЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ И ЕГО ВНЕШНИЙ АУДИТ

<sup>1</sup>Л.В. Завьялова, <sup>2</sup>И.А. Брюханенко

<sup>1</sup>Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского, Россия, г. Омск;

<sup>2</sup>Финансовый университет при Правительстве РФ, Омский филиал, Россия, г. Омск.

**Аннотация.** Внутренний контроль является одной из наименее изученных разновидностей финансового контроля. Однако в современных условиях он играет решающее значение для эффективной деятельности организации. В данной статье предпринята попытка на основе анализа различных источников раскрыть содержание и правила аудиторской оценки внутреннего контроля. Статья имеет междисциплинарный характер, написана на стыке финансового контроля и аудита. Особое внимание авторы акцентируют на элементах внутреннего контроля и процедурах их внешнего аудита.

**Ключевые слова:** аудит, аудиторские процедуры, внутренний контроль, контрольная среда, мониторинг средств контроля.

#### Введение

С 1 января 2013 года вступил в силу Федеральный закон № 402-ФЗ от 06.12.2011 г. «О бухгалтерском учете». Данный документ внес существенные коррективы в организацию ведения бухгалтерского учета хозяйствующего субъекта. В частности, статьей 19 рассматриваемого закона определена необходимость организации и осуществления внутреннего контроля фактов хозяйственной жизни в каждом экономическом субъекте. При этом во второй части данной статьи содержатся уточняющие положения, указывающий на то, что экономические субъекты, подлежащие обязательному аудиту, помимо внутреннего

контроля фактов хозяйственной жизни обязаны организовывать и осуществлять контроль ведения бухгалтерского учета и составления бухгалтерской (финансовой) отчетности [1].

К сожалению, в отечественной литературе внутреннему контролю не уделяется достаточного внимания. При этом до 2012 года законодатель обходил вопросы внутреннего контроля стороной, ограничиваясь лишь отдельными упоминаниями в правилах (стандартах) аудиторской деятельности. Следствием этого стало и незначительное внимание со стороны ученых к рассматриваемым вопросам. Тем не менее, в настоящее время внутренний

контроль становится одним из важнейших элементов управления организацией.

### **Исследование сущности внутреннего контроля**

Российское законодательство и специалисты используют процессный подход к определению понятия «внутренний контроль». Так, в соответствии с разработанными Минфином России рекомендациями по организации и осуществлению экономическим субъектом внутреннего контроля совершаемых фактов хозяйственной жизни, ведения бухгалтерского учета и составления бухгалтерской (финансовой) отчетности внутренний контроль является процессом, который направлен «на получение достаточной уверенности в том, что экономический субъект обеспечивает: эффективность и результативность своей деятельности, в том числе, достижение финансовых и операционных показателей, сохранность активов; достоверность и своевременность бухгалтерской (финансовой) отчетности; соблюдение применимого законодательства, в том числе при совершении фактов хозяйственной жизни и ведении бухгалтерского учета» [2].

Хагажеева Радима считает, что внутренний контроль – «это процесс управления данными субъектами компании, для достижения поставленных целей с минимальными затратами, предупреждение искажений и рисков в течение деятельности организации» [3].

По мнению авторов настоящей статьи, раскрыть сущность внутреннего контроля можно опираясь на системный подход, согласно которому необходимо выделить основные взаимосвязанные элементы внутреннего контроля, взаимодействующие посредством осуществления последовательных этапов по проверке финансово-экономических и связанных с ними аспектов деятельности предприятия для обеспечения достижения хозяйствующим субъектом цели своей деятельности.

Базовыми элементами любой системы являются объект, предмет и субъект.

Объект – (от лат. *objectum* – букв. «брошенное перед чем-либо»), логико-философский термин, выражающий нечто, существующее в реальной действительности, это то, на что направлены мысль или действие субъекта, то, что воспринимается, мыслится, обсуждается и обрабатывается, в отличие от субъекта – того, кто это воспринимает, мыслит, обсуждает и

обрабатывает [4]. *Объектом* внутреннего контроля выступает хозяйствующий субъект и его отдельные структурные подразделения. Данный вопрос, как правило, не вызывает споров в литературе.

Предмет – это то, что непосредственно изучается и контролируется. *Предметом* внутреннего контроля являются факты хозяйственной жизни, формирующие финансово-хозяйственную деятельность хозяйствующих субъектов и их структурных подразделений.

Перечень *субъектов* внутреннего контроля широк и включает различные организационные структуры внутрихозяйственного управления и должностных лиц, ответственных за проведение внутреннего контроля. Их можно сгруппировать, выделив субъекты общей компетенции, субъекты финансово-хозяйственной компетенции, субъекты специальной компетенции и внешние субъекты, выполняющие функции внутреннего контроля.

К субъектам общей компетенции относятся лица и структурные подразделения, в компетенцию которых входит принятие решений по широкому перечню вопросов деятельности организаций. В частности, к ним можно отнести руководителя хозяйствующего субъекта, наблюдательный совет, общее собрание акционеров, совет директоров, и т.д. Субъектами финансово-хозяйственной компетенции являются главный бухгалтер, финансовый директор, работники бухгалтерии, финансового отдела, планово-экономического отдела и т.д.

Субъекты специальной компетенции, как правило, создаются и занимаются только контрольной деятельностью. К ним относятся подразделения внутреннего контроля, контролинга, ревизионные комиссии, комиссии по инвентаризациям, контрольно-ревизионные отделы и т.д. При этом в зависимости от специфики деятельности организации данные субъекты могут существовать только временно в виде различных комиссий, в то время как на постоянной основе контрольные функции могут выполняться субъектами финансово-хозяйственной компетенции.

Внешние субъекты, выполняющие функции внутреннего контроля, – это аудиторы и аудиторские организации, организации, предоставляющие услуги по аутсорсингу. В рекомендациях Минфина РФ по организации и осуществлению

экономическим субъектом внутреннего контроля совершаемых фактов хозяйственной жизни, ведения бухгалтерского учета и составления бухгалтерской (финансовой) отчетности определены основные элементы внутреннего контроля экономического субъекта. К ним относятся 5 элементов: контрольная среда, оценка рисков, процедуры внутреннего контроля, информация и коммуникация, а также оценка внутреннего контроля.

Рекомендации Минфина России построены на основе «Интегрированной концепции внутреннего контроля» (кратко называемой моделью COSO). Данная модель была разработана Комитетом спонсорских организаций Комиссии Тредуэя по борьбе с недостоверной финансовой отчетностью (*Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commition – COSO*), образованной несколькими организациями: Американским институтом дипломированных общественных бухгалтеров (*American Institute of Certified Public Accountants – AICPA*), Американской ассоциацией по учету и отчетности (*American Accounting Association*), Институтом внутренних аудиторов (*Institute of Internal Auditors – IIA*), Институтом финансовых руководителей (*Financial Executives Institute – FEI*), Институтом бухгалтеров по управленческому учету (*Institute of Management Accountants*) [5]. Элементами модели COSO являются контрольная среда,

выявление и оценка рисков, средства контроля (меры по снижению риска), информационные системы и мониторинг эффективности системы контроля.

«Контрольная среда представляет собой совокупность принципов и стандартов деятельности экономического субъекта, которые определяют общее понимание внутреннего контроля и требования к внутреннему контролю на уровне экономического субъекта в целом» [2].

Принципы, по мнению Райзберга Б. А., Лозовского Л. Ш. и Стародубцевой Е. Б., представляют собой «установившиеся, укоренившиеся, общепринятые, широко распространенные правила хозяйственных действий и свойства экономических процессов» [6, с.341]. В литературе рассмотрению принципов внутреннего финансового контроля уделяется недостаточное внимания, авторы, как правило, рассматривают принципы финансового контроля в целом. Анализ мнений различных ученых-экономистов позволил авторам настоящей статьи в качестве базовых принципов внутреннего контроля выделить независимость, законность, ответственность, гласность, объективность, системность, эффективность, плановость, соответствия и разграничения функций и полномочий. Содержание данных принципов представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Принципы внутреннего контроля

Принципы	Содержание
Независимость	Органы внутреннего контроля должны обладать организационной, функциональной, материальной и иной (родственной и т.д.) независимостью. Органы должны быть независимы от тех лиц, чью деятельность они проверяют, а также от лиц любым образом связанных с проверками (аффилированных лиц). Независимость должна быть формально закреплена во внутренних документах организации. Независимость характеризуется четкостью и адекватностью формально определенных прав и обязанностей работников (работник должен иметь возможность высказывать свои суждения)
Законность	Внутренний контроль должен основываться на нормах законодательства и внутренних регламентах хозяйствующего субъекта
Ответственность	Ответственность контролера за достоверность информации по результатам контроля, ответственность контролируемых и третьих лиц за достоверность предоставляемых данных
Гласность	Открытость информации для всех сотрудников хозяйствующего субъекта
Объективность	Информация, получаемая в ходе контрольных процедур, должна отражать истинное положение объекта контроля
Системность	Периодическая систематичность и комплексность контроля
Эффективность	Исправление отрицательных результатов контроля и возмещение ущерба
Плановость	Составление плана и программы контрольных мероприятий
Соответствия	Соответствие контроля целям и задачам
Разграничение функций и полномочий	Четкое распределение прав и обязанностей между субъектами внутреннего контроля

«Оценка рисков представляет собой процесс выявления и анализа рисков. Под риском понимается сочетание вероятности и последствий недостижения экономическим субъектом целей деятельности» [2]. Авторы статьи поддерживают мнение О. С. Макоева о том, что выявление рисков должно осуществляться на трех уровнях: на макроуровне, микроуровне и индивидуальном уровне (уровне сотрудника) [7].

На эффективность деятельности хозяйствующего субъекта и достоверность финансовой отчетности могут оказывать влияние возникающие на макроуровне риски. К ним следует отнести инфляционный риск, валютный риск, риск возникновения форс-мажорных обстоятельств, процентный риск, налоговый риск, риск ухудшения конъюнктуры товарного и финансового рынков, политический риск, техногенный риск, правовой риск и другие.

Исследуя риски, возникающие на микроуровне, следует выделять и оценивать риск неплатежеспособности покупателей, кредитный риск, депозитный риск,

операционный риск, риск снижения финансовой устойчивости, риск потери ликвидности, риск потери репутации, риск недобросовестности партнера и прочие.

На индивидуальном уровне возникновение рисков связано с неправомерными или некомпетентными решениями отдельных сотрудников хозяйствующего субъекта в результате низкой квалификации работника, превышения им своих полномочий и прав или нарушения установленных внутренних правил и регламентов. В эту группу рисков можно отнести риск хищения ценностей, риск проведения неэффективных операций, риск вовлечения предприятия в финансовых отношениях с теневой экономикой и криминальными структурами, риск проведения аффилированных сделок, риск недобросовестности сотрудника и другие.

Оценка рисков хозяйствующего субъекта может осуществляться в матрице рисков и мероприятий по их нейтрализации, образец которой представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица рисков и мероприятий по их нейтрализации

Вид риска	Причина возникновения риска	Наименование области (процесса), подверженного риску	Вероятность возникновения риска	Последствия риска	Мероприятия (процедуры) по минимизации риска	Частота осуществления мероприятия (процедуры)	Ответственный и исполнитель мероприятия (процедуры)	Отметка об исполнении мероприятия (процедуры)	Примечания

«Процедуры внутреннего контроля представляют собой действия, направленные на минимизацию рисков, влияющих на достижение целей экономического субъекта»

[2]. Во внутреннем контроле можно использовать процедуры документального и фактического контроля. Их содержание представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Процедуры внутреннего контроля

Наименование процедуры	Содержание процедуры
<b>Процедуры документального контроля</b>	
Формальный контроль	Устанавливает соблюдение формальных требований к составлению документа
Арифметический контроль	Предполагает обследование правильности и обоснованности подсчета итогов в документах
Юридическая оценка	Предполагает определение соответствия отраженных в документах операций действующему законодательству и их экономической целесообразности. Законной считается хозяйственная операция, содержание которой не противоречит действующим законам и подзаконным актам. Экономическая целесообразность хозяйственной операции определяется ее направленностью на выполнение задач, стоящих перед контролируемой организацией.

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Продолжение Таблицы 3

Логический контроль	Предполагает изучение объективной возможности документально оформленных хозяйственных операций посредством различных сопоставлений взаимосвязанных производственных и финансовых показателей
Сплошной контроль финансово-хозяйственных операций	Заключается в исследовании всех документов и записей в регистрах бухгалтерского учета. Применяется: <ul style="list-style-type: none"> <li>• при проведении ревизий и проверок, назначаемых по требованию следственных органов;</li> <li>• для ревизии тех участков финансово-хозяйственной деятельности предприятия, где наиболее вероятны нарушения или злоупотребления</li> </ul>
Несплошной (выборочный) контроль	Предполагает определение состояния всей совокупности единиц (генеральной совокупности) по результатам обследования некоторой их части (выборочной совокупности), отобранной в случайном порядке, по правилам научной теории выборки
Встречный контроль	Предполагает сличение первичных документов или учетных записей подконтрольной организации с одноименными или взаимосвязанными данными у контрагента по финансово-хозяйственным операциям
Обратный счет	Заключается в предварительно-экспертной оценке материальных затрат с целью последующего определения (обратным счетом) величины необоснованных списаний сырья и материалов в затраты на производство определенных видов продукции. Используется для контроля движения товарно-материальных ценностей
Оценка законности и обоснованности хозяйственных операций	Производится сопоставлением записей в учетных регистрах с оправдательными документами, а также сопоставлением данных учетных регистров с показаниями отчетности
Балансовый способ	Предполагает, что поступление отдельных видов ценностей за период между инвентаризациями, включая их остатки при предыдущей инвентаризации, сопоставляют с расходом товарно-материальных ценностей за этот же период и остатками по инвентаризационной описи на день проверки
Сравнение	Предполагает сопоставление параметрических данных объектов контроля с целью определения сходства или различия между ними. Сравнению подлежат: <ul style="list-style-type: none"> <li>• плановые показатели с фактическими;</li> <li>• отчетные данные текущего года с отчетными данными предыдущего аналогичного периода;</li> <li>• фактические данные хозяйствующего субъекта со среднееотраслевыми показателями;</li> <li>• фактические или плановые данные с нормативными показателями</li> </ul>
Приемы экономического анализа	<ul style="list-style-type: none"> <li>• расчет средних величин;</li> <li>• расчет относительных величин;</li> <li>• группировка;</li> <li>• индексный метод расчета;</li> <li>• расчет корреляционной зависимости);</li> <li>• другие приемы</li> </ul>
<b>Процедуры фактического контроля</b>	
Инвентаризация	Предполагает сопоставление фактических остатков имущества предприятия с соответствующими данными бухгалтерского учета на определенную дату и выявление отклонений.
Экспертная оценка	Основана на проведении специалистами различных экспертиз
Наблюдение	Предполагает целенаправленное и организованное восприятие и регистрацию поведения изучаемого объекта

Качественная информация и ее информативность, правила эффективная коммуникация необходимы для информационного массива, правила принятия своевременных управленческих коммуникации и перечень сведений решений. На предприятии необходимо конфиденциального характера. Это могут разработать внутренние документы, быть «Положение об информационной политике», «График документооборота» и регламентирующие структуру другие.

Оценка внутреннего контроля осуществляется для определения эффективности контроля и обоснования необходимости изменения и совершенствования системы внутреннего контроля хозяйствующего субъекта. В результате оценки формируется мнение об обеспечении внутренним контролем возможности достижения целей развития организации.

В настоящее время наблюдается значительный интерес к вопросам оценки системы внутреннего контроля, осуществляемого в интересах собственников, а также самого экономического субъекта не только силами самой организации, но и внешними аудиторскими компаниями.

### **Особенности внешнего аудита внутреннего контроля**

При проведении внешнего аудита одним из основных этапов проверки является понимание и оценка системы внутреннего контроля (СВК) аудируемого лица. Как правило, основная цель внешнего аудита заключается в выражении мнения о том, насколько достоверно в бухгалтерской (финансовой) отчетности раскрыты финансовое положение, финансовые результаты деятельности, движение денежных потоков экономического субъекта.

Продолжительное время в международных стандартах аудита (МСА) и в российских правилах (стандартах) аудиторской деятельности (ПСАД) существовала прочно устоявшаяся точка зрения, что СВК состоит из трех основных элементов: контрольной среды, системы бухгалтерского учета и отдельных средств контроля. Такой подход соответствовал МСА 400 «Оценка рисков и внутренний контроль» [8] и российскому ПСАД № 8 «Оценка аудиторских рисков и внутренний контроль, осуществляемый аудируемым лицом» [9].

Однако введенные в действие в соответствии с проектом «Ясность» (Clarity project) международные стандарты аудита - МСА 315 «Выявление и оценивание риска существенного искажения финансовой отчетности в ходе получения понимания деятельности и среды, в которой действует организация» и МСА 330 «Аудиторские действия в ответ на оцененные риски» - существенно изменили подходы к пониманию и оценке СВК для целей внешнего аудита в связи с ужесточением требований к

надежности отчетной финансовой информации [10]. Основной акцент сделан на надежности финансовой отчетности как объекта аудиторского и внутреннего контроля, а также на возможности и необходимости руководителей организаций снижать собственные риски с помощью СВК.

В систему российских стандартов аудиторской деятельности элементы риск-ориентированного подхода в аудите введены ПСАД № 8, согласно которому аудитор должен получить разумную уверенность в том, что бухгалтерская (финансовая) отчетность в целом не содержит существенных искажений, вызванных ошибкой или недобросовестными действиями [9]. Это, в свою очередь позволит аудитору выразить мнение, что финансовая отчетность подготовлена в соответствии с предпосылками ее подготовки. Решение этой задачи аудитор проводит в три этапа: оценка рисков существенных искажений бухгалтерской (финансовой) отчетности; разработка и выполнение аудиторских процедур в ответ на оцененные риски, которые бы сократили риски существенного искажения (РСИ) бухгалтерской (финансовой) отчетности до приемлемо низкого уровня; выпуск надлежащего аудиторского заключения, основанного на результатах выполненных аудиторских процедур.

Согласно федеральному стандарту аудиторской деятельности (ФСАД) № 1/2010 изучение СВК проводится аудитором с целью выбора соответствующих аудиторских процедур, но не с целью выражения мнения об эффективности данной системы [11].

Таким образом, оценка эффективности СВК не является аудиторской услугой, а изучение СВК в ходе аудита необходимо для оценки риска существенного искажения отчетности в результате недобросовестных действий или ошибок.

В этой связи появляются особенности организации финансового мониторинга объектов аудита, критериев оценки СВК аудируемого лица, а также возникают некоторые проблемы оценки надежности СВК в целях противодействия отмыванию доходов, полученных преступным путем и финансированию терроризма.

Перечень элементов СВК, содержащихся в стандартах внешнего аудита, представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Элементы СВК в стандартах внешнего аудита

МСА 400 «Оценка рисков и внутренний контроль» (ныне отменен)	ФПСАД № 8 «Изучение и оценка систем бухгалтерского учета и внутреннего контроля в ходе аудита» (ныне отменен)	ПСАД № 8 «Понимание деятельности аудируемого лица, среды, в которой она осуществляется, и оценка РСИ аудируемой финансовой (бухгалтерской) отчетности» (ныне действует)	МСА 315 «Выявление и оценивание риска существенного искажения финансовой отчетности в ходе получения понимания деятельности и среды, в которой действует организация» (ныне действует)
Контрольная среда	Контрольная среда	Контрольная среда	Контрольная среда
-	-	Процесс оценки рисков аудируемым лицом	Процесс оценки рисков внутри организации
-	Система бухгалтерского учета	Информационная система, в том числе связанная с подготовкой финансовой (бухгалтерской) отчетности	Информационные системы, включая связанные бизнес-процессы, актуальные для финансовой (бухгалтерской) отчетности, и коммуникации
Процедуры контроля	Отдельные средства контроля	Контрольные действия	Контрольные действия
-	-	Мониторинг средств контроля	Мониторинг средств контроля

Как видно из таблицы 4, во всех вариантах присутствуют неизменные элементы - контрольная среда, контрольные действия (средства, процедуры контроля). При этом в отношении системы бухгалтерского учета прослеживается различный подход, итогом которого в настоящее время является ее включение российским стандартом в СВК в качестве элемента информационной системы. В целом перечень элементов системы внутреннего контроля в ныне действующих международных и российских стандартах внешнего аудита совпадает с элементами, декларированными методическими рекомендациями Минфина России по организации и осуществлению экономическим субъектом внутреннего контроля совершаемых фактов хозяйственной жизни, ведения бухгалтерского учета и составления бухгалтерской (финансовой) отчетности.

По мнению авторов, исходя из понятия системы и обязательного наличия системообразующих признаков (сложность, целостность, делимость, единство со средой) логичнее было бы выделить в СВК такие компоненты, как контрольная среда, оценка рисков внутри организации и мониторинг средств контроля. Относительно информационной системы, представляемой аудиторскими стандартами как элемент СВК,

следует учитывать ее независимое и самодостаточное положение по отношению к СВК. В ПСАД № 8 этот момент приобретает еще более ограниченный смысл, вследствие уточнения о том, что выделена информационная система, связанная с подготовкой бухгалтерской (финансовой) отчетности.

Представляются следующие обоснования к выделенным компонентам СВК в стандартах аудиторской деятельности. *Процесс оценки рисков* предполагает получить понимание, каким образом экономический субъект выявляет, и предотвращает бизнес-риски, связанные с целями подготовки финансовой отчетности, а также к каким последствиям это приводит. При этом очень важно систематизировать существующие риски для целей СВК. *Мониторинг средств контроля* (в том числе, контрольные действия) следует представлять как инструментарий для непрерывного изучения поведения рисков, а также для разработки мер по минимизации рисков. *Контрольная среда* является довольно устойчивой компонентой, которая имеет объективную основу для выделения ее как таковой. Контрольная среда – это понятие, характеризующее общее отношение, осведомленность и практические действия руководства проверяемой организации, направленные на установление,

поддержание и развитие СВК в организации. Контрольная среда является основой эффективного функционирования СВК экономического субъекта в целом. Оценка надежности контрольной среды является одним из факторов, который следует принимать в расчет при определении аудиторского риска. Отдельные аспекты оценки надежности контрольной среды могут оказывать влияние на неотъемлемый риск и риск средств контроля в отношении конкретных областей аудита, а также влиять на стратегию аудита и на особенности применения аудиторских процедур.

В соответствии с ФСАД 6/2010 аудиторы обязаны в ходе аудита также выявлять существенные искажения бухгалтерской (финансовой) отчетности, вызванные преднамеренными (непреднамеренными) действиями (бездействием) аудируемого лица, противоречащими требованиям нормативных правовых актов [12].

При этом в стандартах аудита нет достаточной проработки вопроса в отношении проверки СВК аудируемых лиц в целях противодействия (легализации) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма. Данное обстоятельство обусловлено необходимостью выполнения аудиторских процедур по выявлению случаев несоблюдения аудируемым лицом требований Федерального закона № 115-ФЗ [13].

Изучение СВК в целях противодействия отмыванию доходов и финансированию терроризма, на наш взгляд, также следует проводить по трем указанным элементам: контрольная среда, процесс оценки рисков, мониторинг средств контроля (в том числе, контрольные действия). Аудитору следует ознакомиться с организационными основами этого направления внутреннего контроля – наличие и степень разработанности правил внутреннего контроля (ПВК) в целях противодействия отмыванию доходов, полученных преступным путем и финансированию терроризма, порядок взаимодействия структурных подразделений аудируемого лица по вопросам реализации ПВК, анализ деятельности специального подразделения или отдельного должностного лица, занимающегося вопросами противодействия отмыванию доходов, ознакомиться с процедурами выявления операций (сделок), подлежащих обязательному контролю [14], проанализировать наличие признаков необычных, нетипичных операций (сделок). В

процессе изучения СВК в целях противодействия отмыванию доходов, полученных преступным путем и финансированию терроризма, аудитору рекомендуется выполнять следующие аудиторские процедуры: опрос, тестирование, запросы, наблюдение, инспектирование, прослеживание хозяйственных операций, аналитические процедуры (позволяют выявить необычные операции, тенденции, коэффициенты, которые могут свидетельствовать о возможных проблемах, имеющих значение для финансовой (бухгалтерской) отчетности).

### **Заключение**

Таким образом, построение надёжной качественной системы внутреннего контроля является достаточно сложной задачей, от решения которой, во многом, зависит не только эффективность работы предприятия, но и обеспечение законности в рамках отдельной организации. При этом внутренний контроль и внешний аудит, имея различия, во многом дополняют друг друга и направлены на повышение результативности и успешности деятельности экономического субъекта.

### **Библиографический список:**

1. О бухгалтерском учете. Федеральный закон от 06.12.2011 № 402-ФЗ (ред. от 04.11.2014) [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/>.
2. Организация и осуществление экономическим субъектом внутреннего контроля совершаемых фактов хозяйственной жизни, ведения бухгалтерского учета и составления бухгалтерской (финансовой) отчетности. Информация Минфина России от 25.12.2013 г. № ПЗ-11/2013 [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_156407](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156407).
3. Хагажеева, Р. Внутренний контроль в организациях/ Р. Хагажеева [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.riskovik.com/journal/stat/n7/vnutrennij-kontrol/>.
4. Крылов, С. Гуманитарные науки: Лингвистика [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: [http://bruma.ru/enc/gumanitarnye\\_nauki/lingvistika/OB\\_EKT.html](http://bruma.ru/enc/gumanitarnye_nauki/lingvistika/OB_EKT.html).
5. Бровкина, Н.Д. Контроль и ревизия: Учеб. пособие / Н.Д. Бровкина. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 346 с.
6. Райзберг, Б.А. Современный экономический словарь / Б.А. Райзберг, Л.Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева – 2-е изд., испр. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 479 с.
7. Макоев, О.С. Контроль и ревизия: Учеб. пособие / О. С. Макоев. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 256 с.

8. Кодекс этики профессиональных бухгалтеров и Международные стандарты аудита. – Москва, МЦПСБУ, 2002. – 804 с.

9. Об утверждении федеральных правил (стандартов) аудиторской деятельности. Постановление Правительства РФ от 23.09.2002 № 696 (ред. 22.07.2008) [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/>.

10. Handbook of International Standards on Auditing and Control, 2009 [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: [http://www.ptc-partner.ru/linkpics/News/resourses\\_IFAC\\_2009-handbook.pdf](http://www.ptc-partner.ru/linkpics/News/resourses_IFAC_2009-handbook.pdf).

11. Об утверждении федеральных стандартов аудиторской деятельности. Приказ Минфина РФ от 20.05.2010 № 46н [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/>.

12. Об утверждении федеральных стандартов аудиторской деятельности. Приказ Минфина РФ от 17.08.2010 № 90н [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/>.

13. О противодействии легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма. Федеральный закон от 07.08.2001 № 115-ФЗ (ред. 29.06.2015) [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/>.

14. О внесении изменений в приказ Федеральной службы по финансовому мониторингу от 08.05.2009 № 103 Об утверждении Рекомендаций по разработке критериев выявления и определению признаков необычных сделок. Приказ Росфинмониторинга от 23.08.2013 № 231 [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/>.

#### INTERNAL CONTROL OF THE ORGANIZATION AND ITS EXTERNAL AUDIT

L.V. Zavyalova, I. A. Brukhanenko

**Abstract.** Internal control is one of the least studied types of financial control. However, in modern conditions it is crucial to the effective operation of the organization. In this article the authors have attempted, based on the analysis of various sources, to reveal the contents and rules of the auditor assessment of internal control. The article has interdisciplinary character, it is written at the intersection of financial control and audit. Special attention is focus on the internal controls and procedures of external auditing.

**Keywords:** audit, audit procedures, internal control, control environment, monitoring of controls.

#### References

1. О бухгалтерском учете. Федераль'nyj zakon ot 06.12.2011 № 402-FZ [On accounting. Federal law of 06.12.2011 № 402-FZ]. Available at: URL: <http://www.consultant.ru/>.

2. Organizacija i osushhestvlenie jekonomicheskim sub'ektom vnutrennego kontrolja sovershaemyh faktov hozjajstvennoj zhizni, vedenija buhgalterskogo ucheta i sostavlenija buhgalterskoj

(finansovoj) otchetnosti. Informacija Minfina Rossii ot 25.12.2013 goda № PZ-11/2013. [Organization and implementation of the economic entity's internal control committed to the facts of economic life, accounting and preparation of accounting (financial) statements. Information of the Ministry of Finance of Russia from 25.12.2013 № PZ-11/2013]. Available at: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_156407](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156407).

3. Hagazheeva R. Vnutrennij kontrol' v organizacijah [Internal control in organizations]. Available at: URL: <http://www.riskovik.com/journal/stat/n7/vnutrennij-kontrol/>.

4. Krylov S. Gumanitarnye nauki: Lingvistika [Humanities: Linguistics]. Available at: URL: [http://bruma.ru/enc/gumanitarnye\\_nauki/lingvistika/OB EKT.html](http://bruma.ru/enc/gumanitarnye_nauki/lingvistika/OB EKT.html).

5. Brovkina N. D. Kontrol' i revizija [Control and revision]. Moscow, INFRA-M, 2009. 346 p.

6. Rajzberg B. A., Lozovskij L. Sh., Starodubceva E. B. Sovremennij jekonomicheskij slovar' [Modern Dictionary of Economics]. Moscow, INFRA-M, 1999. 479 p.

7. Makoev O. S. Kontrol' i revizija [Control and revision]. Moscow, UNITI-DANA, 2007. 256 p.

8. Kodeks jetiki professional'nyh buhgalterov i Mezhdunarodnye standarty audita [Code of Ethics for Professional Accountants and International Standards on Auditing]. Moscow, MZRSBU, 2002. 804 p.

9. Ob utverzhdenii federal'nyh pravil (standartov) auditorskoj dejatel'nosti. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 23.09.2002 № 696 [On approval of the federal rules (standards) of audit activity. Government Decree of 23.09.2002 № 696]. Available at: URL: <http://www.consultant.ru/>.

10. Handbook of International Standards on Auditing and Control, 2009. Available at: URL: [http://www.ptc-partner.ru/linkpics/News/resourses\\_IFAC\\_2009-handbook.pdf](http://www.ptc-partner.ru/linkpics/News/resourses_IFAC_2009-handbook.pdf).

11. Ob utverzhdenii federal'nyh standartov auditorskoj dejatel'nosti. Prikaz Minfina RF ot 20.05.2010 № 46n [On approval of the federal auditing standards. Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation of 20.05.2010 № 46n]. Available at: URL: <http://www.consultant.ru/>.

12. Ob utverzhdenii federal'nyh standartov auditorskoj dejatel'nosti. Prikaz Minfina RF ot 17.08.2010 № 90n [On approval of the federal auditing standards. Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation of 17.08.2010 № 90n]. Available at: URL: <http://www.consultant.ru/>.

13. O protivodejstvii legalizacii (otmyvaniju) dohodov, poluchennyh prestupnym putem, i finansirovaniju terrorizma. Federal'nyj zakon ot 07.08.2001 № 115-FZ [On counteraction to legalization (laundering) of proceeds from crime and terrorist financing. The Federal Law of 07.08.2001 № 115-FZ]. Available at: URL: <http://www.consultant.ru/>.

14. O vnesenii izmenenij v prikaz Federal'noj sluzhby po finansovomu monitoringu ot 08.05.2009 №

103 Ob utverzhdenii Rekomendacij po razrabotke kriteriev vyjavlenija i opredeleniju priznakov neobychnyh sdelok. Prikaz Rosfinmonitoringa ot 23.08.2013 № 231 [On Amendments to the Order of the Federal Financial Monitoring Service of 08.05.2009 № 103 On approval of the Recommendations on the development of criteria for the identification and definition of indicators of unusual transactions. Order of the Federal Financial Monitoring Service of 23.08.2013 № 231]. Available at: URL: <http://www.consultant.ru/>.

*Завьялова Лилия Владимировна (Омск, Россия) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и финансовая политика ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского» (644077, г. Омск, пр. Мира, 55А, e-mail: zavlii@yandex.ru).*

*Брюханенко Ирина Анатольевна (Омск, Россия) – кандидат экономических наук, доцент*

*кафедры «Бухгалтерский учет, анализ и статистика» ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» Омский филиал Финуниверситета (г. Омск, ул. Партизанская, д.6, e-mail: bia\_ir@mail.ru).*

*Liliya V. Zavyalova (Omsk, Russian Federation) – candidate economic sciences, associate professor, department of Economics and Financial Polic, Omsk State University named after F. M. Dostoevskiy (644077, Mira, 55A prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: zavlii@yandex.ru).*

*Irina A. Bryukhanenko (Omsk, Russian Federation) – candidate economic sciences, associate professor, department of accounting, Analysis and Statistics, Financial University under the Government of the Russian Federation Omsk branch (Partizanskaya, 6 street, Omsk, Russian Federation, e-mail: bia\_ir@mail.ru).*

УДК 656.1

### ОСОБЕННОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОВ (НА ПРИМЕРЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ)

Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, Ю.П. Миронова, М.П. Миронова  
Кубанский государственный технологический университет, Россия, г. Краснодар.

**Аннотация.** В статье рассмотрены методики прогнозирования пассажиропотоков. Основное внимание авторов акцентируется на прогнозировании пассажиропотока, которое можно использовать в качестве основы для планирования и выработки наиболее эффективной системы действий, обеспечивающих предоставление населению качественных услуг, связанных с перевозками, и является неотъемлемой частью сложного процесса развития систем городского пассажирского транспорта. Выявлена и обоснована необходимость совместного использования математической модели прогнозирования пассажиропотоков с учетом региональных особенностей и внутранспортного эффекта. На основе проведенного исследования авторами сделан вывод, что транспортная подвижность жителей, средняя дальность их поездок растет по мере роста и развития города, а так же его населения. В Краснодарском крае в последние 4 года наблюдался рост в потребности использования жителями общественного городского транспорта, но в период 2014 года транспортом общественного пользования было перевезено 449,9 млн. человек, что на 1,4 млн. человек меньше чем в 2013 году. Это говорит о том, что необходимо повышать качество транспортного обслуживания населения общественным городским транспортом в Краснодарском крае.

**Ключевые слова:** пассажирский транспорт, пассажиропоток, внутранспортный эффект, прогнозирование, прибыль.

#### Введение

Основная задача транспорта – обеспечение потребностей населения в перевозках при постоянном улучшении качества обслуживания пассажиров. В Краснодарском крае за 2014 год транспортом общественного пользования было

перевезено 449,9 млн. человек, что на 1,4 млн. человек меньше чем в 2013 году. Наибольший объем перевозок пассажиров наблюдается в городах. Распределение объемов перевозок пассажиров по видам транспорта общего пользования в г. Краснодаре представлено на рисунке 1.

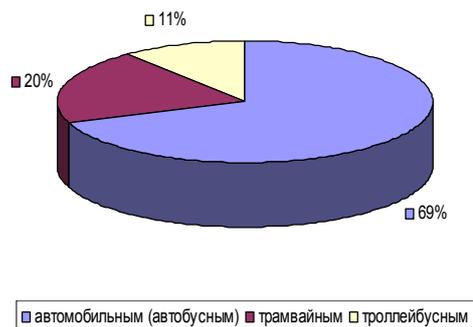


Рис. 1. Распределение объемов перевозок пассажиров по видам транспорта общего пользования в г. Краснодаре в 2014 году

Как показывает анализ статистических данных о распределении объемов перевозок пассажиров по видам транспорта общего пользования в г. Краснодаре за последние 5 лет, автобусами перевозятся 68 – 71 % пассажиров.

**Особенности моделирования прогнозирования пассажиропотоков**

Наиболее актуальным вопросом при организации качественного транспортного обслуживания в настоящее время является математическое моделирование прогнозирования пассажиропотоков с учетом региональных особенностей и внутранспортного эффекта. Сложности, возникающие при моделировании, связаны с уточнением методов сбора, перечня показателей и объема исходной информации об объемах пассажирских перевозок и распределении объемов перевозок пассажиров по видам транспорта общего пользования для целей прогнозирования пассажиропотоков; разработкой алгоритма выбора метода прогнозирования; разработкой математической модели прогнозирования пассажиропотоков с учетом региональных особенностей и внутранспортного эффекта.

Для разработки математической модели прогнозирования пассажиропотоков необходимо решить ряд задач:

- 1 Сбор и анализ исходной информации об объемах пассажирских перевозок и распределении объемов перевозок пассажиров по видам транспорта общего пользования.
- 2 Выбор методов прогнозирования и определение достаточной степени точности результатов моделирования.
- 3 Математическое описание функции изменения количества перевезенных

пассажиров маршрутным пассажирским транспортом по годам.

Под прогнозом обычно понимается научно обоснованное суждение о возможных состояниях объекта в будущем и сроках его осуществления. Процесс разработки прогнозов называется прогнозированием [1,2]. Прогнозирование пассажиропотока необходимо для получения картины будущего, которую можно использовать в качестве основы для планирования и выработки наиболее эффективной системы действий, обеспечивающих предоставление населению качественных услуг, связанных с перевозками, и является неотъемлемой частью сложного процесса развития систем городского пассажирского транспорта.

Эффективность работы всего пассажирского комплекса зависит от достоверной оценки объемов перевозочной работы. Пассажиропотоки, подразделяющиеся на дальние, местные и пригородные являются основой расчетов параметров пассажирских перевозок. Их неравномерность в зависимости от времени определяет потребность в подвижном составе.

**Анализ методов прогнозирования пассажиропотоков**

Методы прогнозирования пассажиропотока можно классифицировать по различным признакам. Например, по методологии можно выделить две группы статистическое и эвристическое прогнозирование. К статистическому относят метод экстраполяции. Он позволяет описать функцию, характеризующую движение исследуемой характеристики. Экстраполяция основана на распространении прошлых и настоящих тенденций, закономерностей, связей на будущее развитие объекта прогнозирования. Цель данного метода заключается в том, что он показывает, к какому состоянию в будущем может прийти объект, если его развитие будет осуществляться с той же скоростью или ускорением, что и в прошлом. Методы экстраполяции достаточно широко применяются на практике, так как они просты, дешевы, и не требуют для расчетов большой статистической базы [3,4]. Однако, недостатком является то, что построенные с помощью методов экстраполяции прогнозы нельзя рассматривать как конечный этап прогнозирования, ибо полученный показатель следует оценить с помощью экспертов и в случае необходимости скорректировать.

В эвристическом прогнозировании различают два вида: интуитивный, основанный на личной проницательности и опыте эксперта и аналитический, основанный на логическом анализе модели процесса развития объекта прогнозирования. Плюсом является то, что данный метод прогнозирования наиболее эффективно применяется при прогнозировании производственных систем и конструктивных решений. Наибольшее развитие получил метод экспертных оценок. Его сущность состоит в использовании группы специалистов в разработке прогнозных решений при помощи системного анкетирования. Недостаток этого метода заключается в том, что качественный экспертный прогноз может быть разработан только тогда, когда использована достоверная информация и если в его разработке задействованы компетентные эксперты [5,6].

При прогнозировании пассажиропотоков недостаточно использовать только статистические методы математического моделирования, необходимо учитывать также социальные и экономические особенности пассажирских перевозок. Например, неудобства при пересадке пассажиров с одного вида транспорта на другой связаны с повышением стоимости поездки. Это обусловлено в основном пересадочностью и оплатой каждой поездки (после пересадки на

другой вид транспорта). Решая эту проблему, город должен опираться не только на прямые расчеты тарифов на каждом отдельном виде городского пассажирского транспорта, но и на возможные скрытые выгоды (внетранспортный эффект).

Величину внутранспортного эффекта от совершенствования пассажирских перевозок с учетом классификации [7] можно определить как: сумму экономии времени пассажиров и пешеходов в пути; социального эффекта, связанного с повышением качества обслуживания пассажиров; величины снижения ущерба от ДТП; увеличения прибыли предприятий нетранспортной сферы; эффекта от коммерческой эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры.

**Исследование и анализ изменения объемов перевозок пассажиров**

Полученное значение необходимо корректировать с учетом отрицательных факторов: ущерб от отчуждения земель на транспортное строительство; дополнительные расходы на транспортную безопасность, охрану окружающей среды и т.п. [8].

В результате анализа статистических данных о перевозках пассажиров маршрутным пассажирским транспортом в Краснодарском крае за последние пять лет были проанализированы и математически описаны характеристики изменения объемов перевозок по годам (таблица 1).

Таблица 1 – Основные показатели пассажирских перевозок

Год	2010	2011	2012	2013	2014
Перевезено пассажиров транспортом общего пользования, млн. человек	426,3	477,3	485	451,3	449,9
железнодорожным	15,8	15,7	16,2	17,2	27,6
автомобильным (автобусным)	254,8	309,3	318,4	294,4	292,6
трамвайным	85,2	86,4	89,1	85,3	82,2
троллейбусным	69,6	64,7	60,2	54,2	45,9
морским, тыс. человек	179,2	159,4	177,5	189,3	1654,5
внутренним водным, тыс. человек	105,9	111,2	111,9	47,3	28,3
воздушным, тыс. человек	666,5	900,4	955,9	-	-
Удельный вес в общем объеме перевозок пассажиров транспортом общего пользования, процентов	100	100	100	100	100
железнодорожного	3,7	3,3	3,3	3,8	6,1

Продолжение Таблицы 1

автомобильного (автобусного)	59,8	64,8	65,6	65,2	65
трамвайного	20	18,1	18,4	18,9	18,3
троллейбусного	16,3	13,6	12,4	12	10,2
морского	0,04	0,03	0,04	0,04	0,4
внутреннего водного	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
воздушного	0,2	0,2	0,2	-	-
Пассажирооборот транспорта общего пользования, млн. пасс.-км	10021	11087	11877	9550	10177
железнодорожного	5036	4992	5129	4813	5575
автомобильного (автобусного)	3537	4260	4524	4304	4190
трамвайного	261	264	273	261	252
троллейбусного	205	193	179	164	139
морского, тыс. пасс.-км	8155	7538	6502	7872	20476
внутреннего водного, тыс. пасс.-км	530	539	593	554	552
воздушного	973	1370	1764	-	-

На рисунках 2 представлены результаты исследования и анализа тенденций изменения объемов перевозок пассажиров по годам.

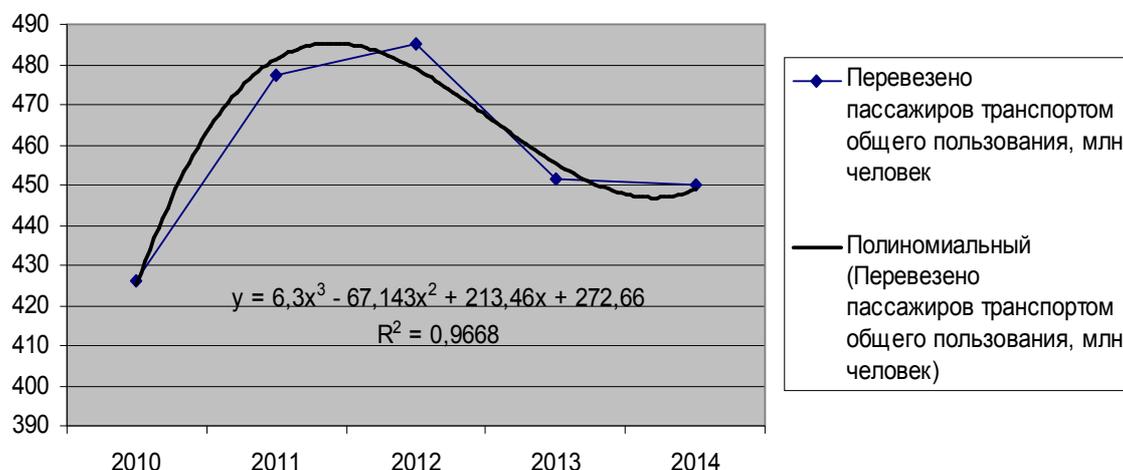


Рис. 2. Полиномиальная функция третьей степени изменения объема перевозок пассажиров

На данном графике показано количество перевезенных пассажиров маршрутным пассажирским транспортом в Краснодарском крае за последние пять лет. При использовании полиномиальной функции третьей степени для описания изменения объема перевозок пассажиров среднеквадратическое отклонение

составляет 0,9668. Формула тренда в данном случае имеет вид:

$$6,3x^3 - 67,13x^2 + 213,46x + 272,66, \quad (1)$$

где  $Y$  - количество перевезенных пассажиров в год,  $X$  - расчетный период времени, лет.

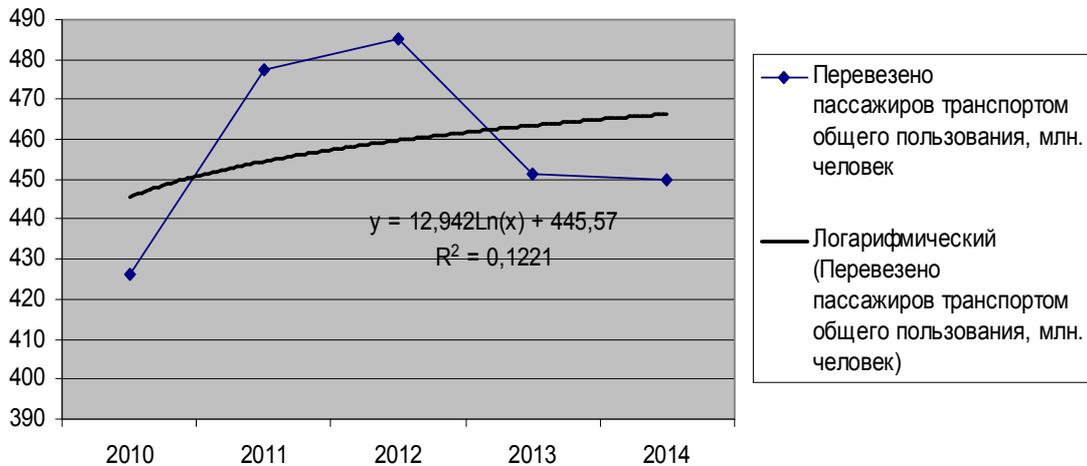


Рис. 3. Логарифмическая зависимость количества перевезенных пассажиров общественным транспортом

На этом графике изображена логарифмическая зависимость количества перевезенных пассажиров общественным транспортом в Краснодарском крае за

последние пять лет. Среднеквадратическое отклонение в этом случае составляет 0,1221, а формула тренда имеет вид:

$$y = 12,942\ln(x) + 445,57. \quad (2)$$

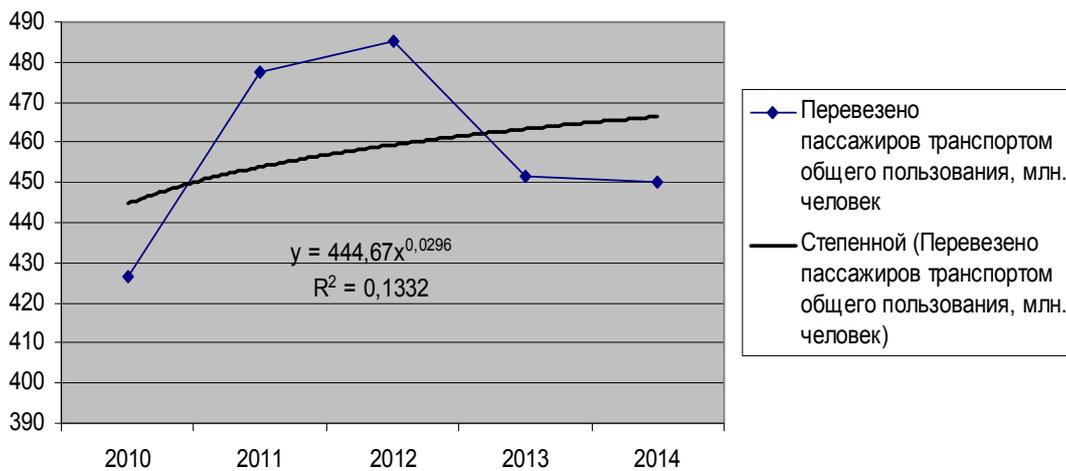


Рис. 4. Степенная функция для описания изменения объема перевозок пассажиров

На данном графике так же, как и на предыдущих, показано количество перевезенных пассажиров маршрутным пассажирским транспортом в Краснодарском крае за последние пять лет. При использовании степенной функции для описания изменения объема перевозок

пассажиров среднее квадратическое отклонение составляет 0,1332. Формула тренда в данном случае имеет вид:

$$y = 444,67x^{0,0296}. \quad (3)$$

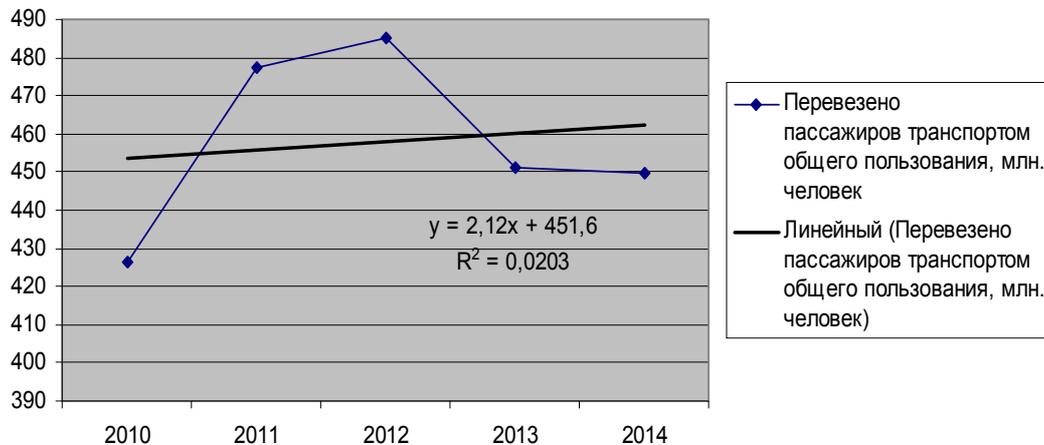


Рис.5. Степенная зависимость для описания изменения объема перевозок пассажиров

На данном графике изображено количество перевезенных пассажиров пассажирским транспортом в Краснодарском крае за последние пять лет. Была использована степенная зависимость. Среднеквадратическое отклонение равно 0,0203, а формула этой зависимости имеет вид:

$$y = 2,12x + 451,6. \quad (4)$$

Наиболее оптимальным графиком является график с полиномиальной зависимостью третьей степени, так как среднеквадратическое отклонение данного графика максимально и равно 0,9668, а следовательно данная функция наиболее верно и адекватно отражает зависимость количества перевезенных пассажиров маршрутным пассажирским транспортом в Краснодарском крае за последние пять лет.

Предлагаемая функция изменения количества перевезенных пассажиров маршрутным пассажирским транспортом по годам позволяет достаточно точно прогнозировать изменение пассажиропотока для перспективного развития транспортной системы города или региона.

#### Вывод

Прогнозирование пассажиропотока необходимо для получения картины будущего, которую можно использовать в качестве основы для планирования и выработки наиболее эффективной системы действий, обеспечивающих предоставление населению качественных услуг, связанных с перевозками, и является неотъемлемой частью сложного процесса развития систем городского пассажирского транспорта.

Транспортная подвижность жителей, средняя дальность их поездок растет по мере

роста и развития города, а так же его населения. В Краснодарском крае в последние 4 года наблюдался рост в потребности использования жителями общественного городского транспорта, но в период 2014 года транспортом общественного пользования было перевезено 449,9 млн. человек, что на 1,4 млн. человек меньше чем в 2013 году. Это говорит о том, что необходимо повышать качество транспортного обслуживания населения общественным городским транспортом в Краснодарском крае.

#### Библиографический список

- 1 Белокуров, В.П. Управление эффективностью пассажирских перевозок в городах курортных зон в летний период (на примере г. Геленджика) / В.П. Белокуров // Воронежский научно-технический Вестник. – 2014. – № 1(7). – С. 13-25.
- 2 Кравченко, А.Е. Оценка безопасности перевозочных процессов пассажирским автомобильным транспортом в курортных зонах / А.Е. Кравченко // Безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 11. – С. 13-20.
- 3 Коновалова, Т.В. Пути повышения эффективности системы обеспечения безопасности движения на автомобильном транспорте / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2015. – № 4. – С. 431-441.
- 4 Коновалова, Т.В. Учет внутранспортного эффекта при оценке инвестиций в городской пассажирский транспорт / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, М.В. Папазян // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 10. – С. 241-243.
- 5 Загорский, И.О. Методика оценки уровня обеспечения безопасности перевозки пассажиров как показателя качества транспортного обслуживания / И.О. Загорский, П.П. Володькин //

Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2009. – № 1. – С. 267-274.

6 Турпищева, М.С. Методика оценки качества системы пассажирских автоперевозок / М.С. Турпищева, Е.Р. Нурғалиев // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2014. – № 1(57). – С. 42-46.

7 Миротин, Л.Б. Логистика - Общественный пассажирский транспорт: Учебник / Л.Б. Миротин. – М.: «Экзамен», 2003. – 224 с.

8 Миротин, Л.Б. Транспортная логистика: Учебник для транспортных вузов / Л.Б. Миротин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА - М, 2000. – 375 с.

#### FORECASTING OF ECONOMIC OF PASSENGER TRAFFIC (ON THE EXAMPLE OF KRASNODAR REGION)

T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan,  
Y.P. Mironova, M.P. Mironova

**Abstract.** The article considers methods of predicting passenger flows. The main attention of the authors focuses on the forecasting of passenger traffic that can be used as a basis for planning and determining the most effective system of action, providing the population with quality services related to transportation, and is an integral part of a complex process of development of systems of urban passenger transport. Identified the necessity of sharing of mathematical model of forecasting of passenger flows taking into account regional features and untransformed effect. On the basis of the study the authors can conclude that the transport mobility of the population, the average distance they travel increases with the growth and development of the city and its population. In the Krasnodar territory in the last 4 years saw an increase in the needs of the residents use public transport, but in the period of 2014 by public transportation were transported 449, 9 million, which is 1.4 million less than in 2013. This suggests that it is necessary to improve the quality of public transport services urban public transport in the Krasnodar region.

**Keywords:** passenger transport, passenger traffic, untransparency effect, prediction, profit.

#### References

1 Belokurov V.P. Upravlenie jeffektivnost'ju passazhirskih perevozkov v gorodah kurortnyh zon v letnij period (na primere g. Gelendzhika) [Performance Management of passenger transport in urban resort areas in summer (for example, Gelendzhik)]. *Voronezhskij nauchno-tehnicheskij Vestnik*, 2014, no 1(7). pp. 13-25.

2 Kravchenko A.E. Ocenka bezopasnosti perevoznichykh processov passazhirskim avtomobil'nyh transportom v kurortnyh zonah [Assessment of safety of transportation processes by the passenger motor transport in resort zones]. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*, 2011, no 11. pp. 13-20.

3 Konovalova T.V., Nadirjan S.L. Puti povysheniya jeffektivnosti sistemy obespecheniya bezopasnosti

dvizheniya na avtomobil'nom transporte [Ways of increase of system effectiveness of safety of the movement on the motor transport]. *Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta*, 2015, no 4. pp. 431-441.

4 Konovalova T.V., Nadirjan S.L., Papaz'jan M.V. Uchet vnetransportnogo jeffekta pri ocenke investicij v gorodskoj passazhirskij transport / T.V. Konovalova, [The accounting of extra transport effect at an assessment of investments into city passenger transport]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, no 10. pp. 241-243.

5 Zagorskij I.O., Volod'kin P.P. Metodika ocenki urovnja obespecheniya bezopasnosti perevozhki passazhirovo kak pokazatelya kachestva transportnogo obsluzhivaniya [Technique of an assessment of level of safety of transportation of passengers as indicator of quality of transport service]. *Vestnik Tihookeanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2009, no 1. pp. 267-274.

6 Turpishheva M.S., Nurgaliev E.R. Metodika ocenki kachestva sistemy passazhirskih avtoperevozkov [Technique of an assessment of quality of system of passenger road haulage]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta*, 2014. no 1(57). pp. 42-46.

7 Mirotin L.B. *Logistika - Obshestvennyy passazhirskij transport: Uchebnik* [Logistics - Public passenger transport]. Moscow, Jekzamen, 2003. 224 p.

8 Mirotin L.B. *Transportnaja logistika: Uchebnik dlja transportnyh vuzov* [Transport logistics: The textbook for transport higher education institutions]. Moscow, INFRA - M, 2000. 375 p.

*Коновалова Татьяна Вячеславовна (Россия, г. Краснодар) – кандидат экономических наук, доцент, заведующая, доцент кафедры «Организации перевозок и дорожного движения» Кубанского государственного технологического университета. (350072, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, e-mail: tan\_kon@mail.ru).*

*Надирян София Леоновна (Россия, г. Краснодар) – ассистент кафедры «Организации перевозок и дорожного движения» Кубанского государственного технологического университета. (350072, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, e-mail: sofi008008@yandex.ru).*

*Миронова Юлия Петровна (Россия, г. Краснодар) – студентка кафедры «Организации перевозок и дорожного движения» Кубанского государственного технологического университета (350072, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2).*

*Миронова Мария Петровна (Россия, г. Краснодар) – студентка кафедры «Организации перевозок и дорожного движения» Кубанского государственного технологического университета (350072, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2).*

*Konovalova Tatyana Vyacheslavovna (Russian Federation, Krasnodar) – candidate of economic sciences, associate professor, Kuban state technological university. (350072, Krasnodar, Moskovskaya St., 2, e-mail: tan\_kon@mail.ru).*

*Nadiryay Sofia Levonovna (Russian Federation, Krasnodar) – assistant, Kuban state technological university. (350072, Krasnodar, Moskovskaya St., of 2, e-mail:sofi008008@yandex.ru).*

*Mironova Yulia Petrovna Russian Federation, Krasnodar) – the student of "Organizations of Transportations and Traffic" chair of the Kuban state technological university (350072, Krasnodar Krai, Krasnodar, Moskovskaya St., 2).*

*Mironova Maria Petrovna Russian Federation, Krasnodar) – the student of "Organizations of Transportations and Traffic" chair of the Kuban state technological university (350072, Krasnodar Krai, Krasnodar, Moskovskaya St., 2).*

УДК 330.46

### ТЕХНОЛОГИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССНОМ МЕНЕДЖМЕНТЕ НЕПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЫ

О.М. Куликова

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В статье приведена авторская технология принятия управленческих решений в процессном управлении в непроизводственной сфере, содержащая два алгоритма: алгоритм выявления закономерностей и прогнозирования, алгоритм разработки управленческих решений в форме опционов. Данная технология позволяет формировать решения в форме множества возможностей, реализуемых или нереализуемых при заданных параметрах внешней и внутренней сред управляемых процессов, дающая возможность осуществлять процессное управление в условиях неопределенности и риска.

**Ключевые слова:** непроизводственная сфера, процессное управление, принятие управленческих решений.

#### Введение

В настоящее время значительное внимание уделяется непроизводственной сфере [1,2]. Это обусловлено ускорением научно-технического прогресса, созданием подрывных инноваций, ориентированных на индивидуальные особенности каждого человека.

По одной из классификаций в структуру непроизводственной сферы входят две группы отраслей: а) отрасли, услуги которых удовлетворяют общие и коллективные потребности общества (кредитование, государственное страхование, наука и пр.) б) отрасли, услуги которых удовлетворяют культурные, бытовые и социальные потребности населения (ЖКХ, бытовое обслуживание, здравоохранение, пассажирский транспорт, связь и пр.) [1].

Все отрасли непроизводственной сферы направлены на повышение качества жизни людей, сохранение здоровья, создание оптимальных условий для работы и отдыха, на развитие творческого потенциала каждого индивида. Следовательно, от эффективности деятельности непроизводственной сферы в значительной степени зависит экономическое благополучие и потенциал России.

Современный период характеризуется высоким уровнем нестабильности, сменяющимися друг друга экономическими и политическими кризисами, что оказывает отрицательное влияние на деятельность предприятий, в том числе и непроизводственной сферы, снижая их доходы и повышая риски, создавая тем самым предпосылки совершенствования существующих и разработки новых методов управления, построенных на сочетании интеллектуального прогнозирования, сценарного планирования и многокритериальной оптимизации [1,3,4,5, 6].

Анализ деятельности предприятий непроизводственной сферы показал, что в большинстве из них реализуется процессный подход к управлению, и существующие методы процессного управления не соответствуют современным требованиям, не позволяют выявлять и учитывать скрытые тенденции и закономерности внешней среды, и осуществлять управление по «слабым сигналам» [7,4].

Автором статьи разработана технология принятия решений в процессном управлении в непроизводственной сфере, позволяющая решать задачи прогнозирования и сценарного

планирования, учитывать варианты развития сред исследуемых процессов, и формировать множества различных возможностей действий (опционов), которые могут быть реализованы при благоприятных или неблагоприятных трендах, что повышает скорость реагирования на изменения путем сокращения времени на разработку решений, и снижает риски.

**Терминологический аппарат принятия решений в процессном управлении предприятиями непроизводственной сферы**

Как было показано выше деятельность предприятий непроизводственной сферы реализуется в условиях высокой неопределенности и риска, следовательно, разрабатываемые и принимаемые управленческие решения должны учитывать все варианты развития внешней и внутренней сред управляемого предприятия, корректироваться под существующие реалии в короткие сроки, то есть содержать не одну оптимальную альтернативу как предлагает традиционный подход в менеджменте, а множество альтернатив, которые реализуются не всегда, а могут быть реализованы только в той или иной сложившейся благоприятной или неблагоприятной ситуации. Исходя из этого, уточним понятие управленческого решения с применением системного подхода и теории опционов, активно внедряющихся в современном стратегическом менеджменте [8,9,10,11]. Следовательно, с данных позиций управленческое решение – это совокупность опционов, реализуемых или планируемых к реализации в заданных условиях, и позволяющих достигать поставленных целей при любом уровне неустойчивости внешней среды. Опцион – это возможность действия, реализуемая при заданных значениях показателей, характеризующих внешнюю и внутреннюю среды управляемых процессов [8,9,10,11].

С позиций процессного менеджмента, на процессы, реализуемые в рамках деятельности предприятий непроизводственной сферы, влияют факторы, определяющие изменение их состояний [5]. Данные факторы могут быть разделены на следующие группы: а) факторы, на основании которых строится управление – управляемые факторы; б) факторы, определяющие цели реализации исследуемых процессов и задающие целевые показатели (индикаторы) – факторы-цели; в) факторы, описывающие условия реализации

исследуемые процессы, на основании которых могут быть разработаны сценарии – сценарные факторы; г) факторы, изменение которых не зависит от сценариев – общие факторы.

Внешняя и внутренняя среда управляемых процессов, ее изменение описывается с помощью сценариев, задаваемых с помощью матриц, отражающих динамику изменения сценарных факторов.

Опционы по возможности реализации могут быть разделены на два класса: базовые и вариативные. Базовые опционы, входящие в состав управленческого решения, реализуются всегда в независимости от сценария. Вариативные опционы, их реализация зависит от сценария, то есть они могут быть не использованы в управлении процессами, в случае, если тот или сценарий не проявится. Данные опционы создают резерв управленческого решения, и являются средствами снижения рисков и повышения устойчивости предприятия непроизводственной сферы.

В зависимости от процессов, реализуемых на предприятиях непроизводственной сферы, все опционы могут быть разделены на следующие группы: 1) опционы, направленные на НИОКР (создание новшеств, инноваций); 2) опционы, направленные на ресурсное обеспечение; 3) опционы, направленные на предприятие (реструктуризация предприятия, внедрение новых технологий и пр.); 4) опционы, направленные на процессы оказания услуг; 5) опционы, направленные на процессы управления (включают прогнозирование, сценарное планирование, мониторинг и контроль, разработку корректирующих воздействий, изменение временного диапазона и сценария реализации опциона).

По действию опционы делятся на пять групп: 1) опционы создания или открытия; 2) опционы расширения; 3) опционы реструктуризации или оптимизации; 4) опционы сокращения 5) опционы закрытия.

Опционы разрабатываются как воздействия на управляемые факторы на основе теории оптимального управления с применением иерархических моделей, определяющих взаимосвязи факторов (управляемых, сценарных, общих) с целевыми показателями. Следовательно, при разработке управленческих воздействий может быть решена прямая и обратная задачи управления. Прямая задача разработки управленческих решений предполагает расчет целевых показателей на

основании значений управляемых факторов. В основе обратной задачи лежит определение значений управляемых факторов по целевым показателям.

На основании разработанного управленческого решения в форме опционов разрабатываются сценарные планы, представляющие собой множество запланированных возможностей (опционов), представленное в форме плана. Каждый элемент множества характеризуется следующими показателями: а) тип (базовый или вариативный); б) временной интервал реализации, определяющий начало и конец реализации возможности; в) руководитель и исполнители (могут меняться во времени и при смене прогнозных сценариев); г) необходимые ресурсы (для каждого такта времени); д) значения риска; е) необходимые резервы для снижения риска.

Отличием сценарного плана от разработанного управленческого решения является большая детализация, задание руководителя и исполнителей на каждом этапе, представление в графической форме (например, в форме диаграммы Ганта). Сценарные планы могут стратегическими или оперативными.

#### **Технология принятия решений в процессном управлении в производственной сфере**

Технология принятия управленческих решений в форме опционов, включает два алгоритма: 1) алгоритм выявления закономерностей и прогнозирования; 2) алгоритм разработки управленческих решений в форме множества опционов с учетом прогнозных сценариев. Последний из алгоритмов позволяет рассчитывать значения рисков для предприятий производственной сферы и минимальные значения резервов ресурсов для снижения выявленных рисков.

*Алгоритм выявления закономерностей и прогнозирования* направлен на решение двух задач: а) классификация и ранжирование исследуемых объектов (процессов); б) выявление закономерностей и прогнозирования развития сред исследуемых процессов.

Решение задачи классификации и ранжирования позволяет определять оптимальные условия функционирования исследуемых объектов (процессов), в которых их целевые показатели соответствуют заданным требованиям эффективности. Алгоритм решения данной задачи основан на сочетании методов,

разработанных Н.Г. Загоруйко [12,13] и Деревьев решений [6].

Для выявления закономерностей эффективности функционирования исследуемых объектов (процессов) используются целевые показатели, выделяемые из множества заданных экспертным методом факторов. Для оценки эффективности функционирования исследуемых объектов задается матрица целевых показателей, определяемых по формуле:

$$- \quad (1)$$

где  $t$  – момент времени, ;  $T$  – период моделирования.

С применением алгоритма FRIS-RATING (Н.Г. Загоруйко) выделяются «столпы» – «лучшие» и «худшие» (эффективные и неэффективные) объекты. Количество выделяемых столпов задается пользователем исходя из плана эксперимента. Затем рассчитываются профили эталонов наиболее эффективных и наименее эффективных объектов – матрицы-векторы и . Для расчета значений целевых показателей для профиля-эталона эффективного объекта используется формула:

—

где  $N$  – число «лучших» столпов.

Значения целевых показателей для профиля-эталона неэффективного объекта рассчитываются аналогично.

Для каждого объекта на основании показателей эффективности определяется коэффициент сходства  $S_i$  с соответствующим профилем-эталонном. В случае, если объект располагается ближе к профилю-эталону эффективного объекта, коэффициент сходства имеет положительное значение, в обратном случае – отрицательное. Матрица-строка, определяющая объекты как эффективные или неэффективные, формируется следующим образом:

$$(3)$$

Для выявления закономерностей эффективности или неэффективности функционирования объектов используются вспомогательные показатели, задаваемые

матрицей  $X = \|x_{ij}\|$ . Для выделения из множества вспомогательных показателей значимых и диапазонов их значений используется квартали и деревья решений.

Решение задачи выявления закономерностей и прогнозирования строится на использовании методов регрессионного анализа, полиномиальной аппроксимации и нелинейной динамики.

Алгоритм выявления закономерностей и прогнозирования содержит следующие этапы:

1. Задание матриц целевых показателей  $K = \|k_{ij}\|$  и вспомогательных показателей  $X = \|x_{ij}\|$ .

2. Определение горизонта прогнозирования (с учетом целей управления или с применением методов нелинейной динамики).

3. Выбор типа решаемой задачи. В случае выбора задачи выявления оптимальных условий функционирования объектов осуществляется переход к Этапу 4, в случае выявления закономерностей и прогнозирования - переход к Этапу 5.

4. Выявление условий оптимального функционирования объекта исследования.

4.1. Решение вопроса о необходимости прогнозирования значений целевых и вспомогательных показателей. В случае необходимости прогнозирования выполняется переход к Этапу 4.2. В случае, если решение поставленной задачи осуществляется без операции прогнозирования, то осуществляется переход к Этапу 4.3.

4.2. Прогнозирование значений целевых и вспомогательных показателей с применением методов прогнозирования по одномерным временным рядам.

4.3. Решение задачи классификации и ранжирования.

4.3.1. Выделение «лучших» и «худших» столпов-эталонов.

4.3.2. Расчет профилей столпов-эталонов.

4.3.3. Расчет коэффициентов принадлежности исследуемых объектов к столпам-эталонам.

4.3.4. Построение вектора значений  $Q = \|q_i\|$ , определяющих принадлежность объектов к «худшим» и «лучшим» столпам-эталонам.

4.3.5. Решение задачи распознавания образов на основании вектора значений  $Q = \|q_i\|$  и матрицы  $X = \|x_{ij}\|$  (выделение

значимых признаков и диапазонов их значений).

5. Выделение закономерностей и прогнозирование.

5.1. Выделение значимых факторов на основании матрицы  $X = \|x_{ij}\|$  и построение моделей, связывающих значимые факторы с целевыми показателями.

5.2. Построение концептуальной иерархической модели, связывающей факторы с целевыми показателями.

5.3. Прогнозирование значений значимых факторов.

5.4. Прогнозирование значений целевых показателей.

*Алгоритм разработки управленческих решений в форме совокупности опционов* разработан на сочетании комплекса методов: методов оптимального управления, теории опционов, генетических алгоритмов и сценарного планирования. Данный алгоритм включает следующие этапы:

1. Задание горизонта прогнозирования.

2. Определение типов значимых факторов (общих, сценарных).

3. Построение матрицы прогнозных сценариев  $S = \|s_{it}\|$ .

4. Задание матрицы значений общих факторов  $O = \|o_{it}\|$ .

5. Выбор типа решаемой задачи: прямая или обратная. В случае выбора прямой задачи выполняется переход к Этапу 6.1, в случае обратной – к Этапу 6.2.

6.1. Решение прямой задачи.

6.1.1. Задание допустимого диапазона значений управляемых и структурных факторов, входящих в модель.

6.1.2. Задание значений управляемых факторов (на основании прогнозирования по одномерным временным рядам или с помощью экспертных методов).

6.1.3. Расчет значений целевых показателей (по концептуальной иерархической модели).

6.2. Решение обратной задачи.

6.2.1. Задание допустимого диапазона значений управляемых и структурных факторов, входящих в модель.

6.2.2. Расчет целевых показателей (с применением сочетания экспертных методов и генетических алгоритмов).

6.2.3. Расчет значений управляемых факторов для каждого такта времени.

7. Разработка опционов. Разработка осуществляется экспертами на основании значений управляемых факторов и имеющихся ресурсов.

8. Разработка управленческого решения в форме множества опционов и расчет показателей разработанного управленческого решения (в том числе вероятности риска и необходимых ресурсов для снижения рисков).

9. Разработка сценарных планов в форме опционов.

Вероятность негативного прогнозного сценария задает значение вероятности возникновения того или иного риска (или группы рисков) для управляемого предприятия. Значения матрицы необходимых ресурсов для снижения выявленных рисков определяются по формуле:

$$\|R_{rij}\| = \|R_{nij} - R_{oij}\|, \quad (4)$$

где  $R_{nij}$  – значения необходимых ресурсов по негативному сценарию;  $R_{oij}$  – значения необходимых ресурсов по оптимистическому сценарию.

Управленческие решения формируются на основе характеристик опционов, входящих в множество, с учетом возможных прогнозных сценариев. Может быть сформирован ряд управленческих решений с учетом различных прогнозных сценариев.

Комплексный показатель эффективности управленческого решения определяется по формуле:

$$\varepsilon_i = \sum_{i=1}^m \varepsilon_i * P_i, \quad (5)$$

где  $\varepsilon_i$  – показатель эффективности  $i$ -го управленческого решения;  $P_i$  – вероятность реализации сценария.

#### Заключение

Применение разработанной технологии позволит повысить эффективность реализации процессов непроизводственной сферы: в ЖКХ, образовании, здравоохранении, культуре и пр. Это способствует повышению качества жизни каждого отдельного человека, так и нации в целом, и позволит повысить экономический потенциал России, и станет фундаментом для дальнейшего ее развития.

#### Библиографический список

1. Экономика социальной сферы / В.Г. Игнатов и др. – Москва – Ростов на Дону: Издательский центр «МарТ», 2005. – 528 с.
2. Хаирова, С.М. Процессно-ориентированное управление жилищно коммунальными услугами / С.М. Хаирова, Д.С. Гребенюк // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2011. – №3 (77). – С.86-90.
3. Куликова, О.М. Алгоритм поддержки принятия оптимальных управленческих решений в

условиях неопределенности для экономических симуляторов / О.М. Куликова // Тенденции и перспективы развития легкой промышленности и сферы услуг: материалы научно-практической конференции. Под общей редакцией Д.П. Маевского. – Омск, 2013. – С. 88-90.

4. Иванов, В.Н. Методика анализа внешней и внутренней среды предприятия для принятия оптимальных управленческих решений / В.Н. Иванов, О.М. Куликова // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2013. – №1 (11). – С. 252-256.

5. Черноруцкий, И.Г. Методы принятия решений: Учеб. пособие / И.Г. Черноруцкий. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 408 с.

6. Паклин, Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям / Н.Б. Паклин, В.И. Орешников. – СПб.: Питер, 2009. – 624 с.

7. Елиферов, В.Г. Бизнес-процессы: Регламентация и управление: Учебник / В.Г. Елиферов, В.В. Репин. – М.: ИНФРА, 2009. – 319 с.

8. Бухвалов, А.В. Реальные опционы в менеджменте: введение в проблему / А.В. Бухвалов // Российский журнал менеджмента. – 2004. – Т. 2. № 1. – С. 3-32.

9. Бухвалов, А.В. Реальные опционы в менеджменте: классификация и приложения / А.В. Бухвалов // Российский журнал менеджмента. – 2004. – Т. 2. № 2. – С. 27-56.

10. Облой, К. Стратегия организации: в поисках устойчивого конкурентного преимущества / К. Облой. – Минск: Гревцев Букс, 2013. – 384 с.

11. Фокина, О.М. Использование реальных опционов для оценки инвестиционных решений / О.М. Фокина // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2009. – № 3(71). – С. 345-350.

12. Загоруйко, Н.Г. Построение сжатого описания данных с использованием функции конкурентного сходства / Н.Г. Загоруйко, И.А. Борисова, О.А. Кутненко, В.В. Дюбанов // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2013. – Т. XVI. № 1(53). – С. 29-41.

13. Загоруйко Н.Г. Когнитивный анализ данных / Н.Г. Загоруйко. – Новосибирск: ГЕО, 2013. – 186 с.

#### TECHNOLOGY OF DECISION-MAKING IN PROCESS MANAGEMENT OF THE NON-PRODUCTIVE SPHERE

O.M. Kulikova

**Abstract.** The article describes author's technology of acceptance of administrative decisions in process management in non-production sphere that contains two algorithms: the algorithm of detecting patterns and forecasting, algorithm development management decisions in the form of options. This technology allows you to create solutions in the form of the many features implemented or unrealizable for the given parameters of external and internal environments of control processes, making it possible to carry out process management under uncertainty and risk.

**Keywords:** non-productive sphere, process management, managerial decision making.

**References**

1. Ignatov V. G., Baturin L.A., Butov I. V., Mashchenko U.A., Uvarova G. G., Khodarev S. V., Khodarev A. S., Ulanski J. G. *Jekonomika social'noj sfery: uchebnoe posobie* [Social Economy: study guide]. Moscow, Rostov-on-don: Publishing center "March", 2005, 528 p.

2. Hairnova S.M., Grebenuk D.S. *Processno-orientirovannoe upravlenie zhilishhno kommunal'nymi uslugami* [Process-oriented management of housing and communal services]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo jekonomicheskogo universiteta*, 2011, no 3 (77), pp.86-90.

3. Kulikova O.M. *Algoritm podderzhki prinjatija optimal'nyh upravlencheskih reshenij v uslovijah neopredelennosti dlja jekonomicheskikh simuljatorov* [Algorithm support for making optimal managerial decisions in conditions of uncertainty for the economic simulation]. *Tendencii i perspektivy razvitija legkoj promyshlennosti i sfery uslug: materialy nauchno-prakticheskoy konferencii* [Tendencies and prospects of development of light industry and services: materials of scientific and practical conference], 2013, pp. 88-90.

4. Ivanov V.N., Kulikova O.M. *Metodika analiza vneshnej i vnutrennej sredy predprijatija dlja prinjatija optimal'nyh upravlencheskih reshenij* [Technique of the analysis of external and internal environment of the enterprise to make better management decisions]. *Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovanija*, 2013, no 1 (11), pp. 252-256.

5. Chernoruckij I.G. *Metody prinjatija reshenij: Ucheb. Posobie* [Methods of decision-making]. S Sankt-Peterburg, BHV-Peterburg, 2005. 408 p.

6. Paklin N.B., Oreshkov V.I. *Biznes-analitika: ot dannyh k znanijam* [Business Intelligence: From data to knowledge]. Sankt-Peterburg, Piter, 2009. 624 p.

7. Eliferov V.G. *Biznes-processy: Reglamentacija i upravlenie: uchebnik* [Business processes: Regulation and Management: Textbook]. Moscow, INFRA, 2004. 319 p.

8. Buhvalov A.V. *Real'nye opciony v menedzhmente: vvedenie v problemu* [Real Options in Management: an Introduction to the problem]. *Rossijskij zhurnal menedzhmenta*, 2004, vol 2 no 1, pp. 3-32.

9. Buhvalov A.V. *Real'nye opciony v menedzhmente: klassifikacija i prilozhenija* [Real Options in Management: classification and applications]. *Rossijskij zhurnal menedzhmenta*, 2004, vol 2 no 2, pp. 27-56.

10. Obloj K. *Strategija organizacii: v poiskah ustojchivogo konkurentnogo preimushhestva* [The strategy of the organization: in search of sustainable competitive advantage]. Minsk, Grevcev Buks, 2013. 384 p.

11. Fokina O.M. *Ispolzovanie real'nyh opcionov dlja ocenki investicionnyh reshenij* [Using real options for evaluating investment decisions]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Serija: Gumanitarnye nauki*, 2009, no 3(71), pp. 345-350.

12. Zagorujko N.G., Borisova I.A., Kutnenko O.A., Djubanov V.V. *Postroenie szhatogo opisanija dannyh s ispol'zovaniem funkcii konkurentnogo shodstva* [Construction of the compressed data description using the function of rival similarity]. *Sibirskij zhurnal industrial'noj matematiki*, 2013, vol XVI no 1(53), pp. 29-41.

13. Zagorujko N.G. *Kognitivnyj analiz dannyh* [Cognitive analysis]. Novosibirsk, GEO, 2013. 186 p.

*Куликова Оксана Михайловна (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Управление качеством и производственными системами» ФГБОУ ВПО СиБАДИ (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: aaaaa11@rambler.ru).*

*Okxana M. Kulikova (Omsk, Russian Federation) – candidate technical sciences, ass. Professor, Department "Quality Management and production systems" Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Russia, Omsk, Mira prospect, 5, e-mail: aaaaa11@rambler.ru).*

УДК 338.2

**ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ  
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ<sup>1</sup>**

А.Е. Миллер

Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского, Россия, Омск.

**Аннотация.** В статье исследованы основные варианты планирования изменений производственной деятельности. Исследованы предпосылки оценки материальных благ, которая осуществляется благодаря экономическим измерителям, отражающим условия производства. Обоснована роль и раскрыто назначение выбора показателей планирования изменений производственной деятельности. Доказано,

<sup>1</sup> Работа проведена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, в рамках государственного задания ВУЗам в части проведения научно-исследовательских работ на 2014-2016 гг., проект № 2378.

*что использование обобщающих показателей позволяет получить характеристику всей группы объектов планирования изменений производственной деятельности. Выявлены ключевые варианты планирования изменений производственной деятельности. Определены содержание и особенности каждого их исследуемых вариантов. Выделено влияние изменений на результирующие показатели деятельности предприятия.*

**Ключевые слова:** планирование, изменения, предприятие, производственная деятельность.

**Введение**  
**Целостное видение проблемы формирования методологии исследования вариантов планирования изменений производственной деятельности в условиях инновационной трансформации современной российской промышленности.**

Ключевым направлением деятельности промышленного предприятия является производство продукции как совокупности произведенных потребительных стоимостей в виде готовых изделий, работ и услуг промышленного характера, являющихся прямым результатом производственной деятельности. В состав продукции предприятия включается лишь полезный результат промышленно-производственной деятельности данного предприятия: материальные блага, в которых воплощены затраты труда его работников. Оценка материальных благ осуществляется через экономические измерители, отражающие условия производства. Такими измерителями в товарном производстве является стоимость и ее выражение – цена, которая является всеобщей мерой в экономических расчетах.

Однако даже в экономике, не всегда удается при построении цены учесть действие всех факторов и правильно оценить значимость каждого из них в данной обстановке. Как всякое многофакторное решение уровень цены имеет лишь относительную устойчивость. Изменение факторов приводит к необходимости изменения цен. Иначе, если цена не соответствует изменявшимся условиям, то она уже перестает отвечать своему назначению. Из общественной оценки товара, обеспечивающей эквивалентный обмен, она постепенно превращается в некоторое условное средство соизмерения товаров, перестает отвечать своему экономическому содержанию. Все это говорит о том, что уровень цены должен иметь определенный допуск, то есть уровень, за пределами которого показатель теряет свое экономическое значение. Поддержание этого

необходимого допуска возможно только в том случае, если при определенном изменении факторов, происходит автоматически новая оценка величины показателя. Например, при определенном изменении условий и через достаточно короткие промежутки времени происходит пересмотр цен.

**Обоснование и раскрытие роли и назначения выбора показателей планирования изменений производственной деятельности**

Процесс производства, равно как и процессы сбыта, реализации, потребления продукции осуществляется во временном диапазоне. Поэтому все плановые расчеты должны производиться с учетом данного диапазона времени. При этом к действию времени будут относиться и те измененные во времени факторы, которые непосредственно не учтены в расчете, особенно действие технического прогресса [1,2]. Иными словами, при временных плановых расчетах имеют дело не с идентичными, тождественными себе объектами, но и с объектами, изменяющимися под влиянием роста производительности труда, требований повышения качества продукции, изменения методологии учета тех или иных показателей и т.д.

Как известно, основным требованием к единицам измерения является их постоянство, неизменность в процессе измерения. В экономических измерениях неизменным, пожалуй, является только астрономическое время (час, сутки, год) простого труда. Поэтому можно говорить лишь об относительном постоянстве единиц измерения в течение определенного промежутка времени. Стоимостное измерение не инвариантно к ценам разных периодов. Планирование одной и той же продукции в разных ценах приводит к различным стоимостным пропорциям в производстве и потреблении продукции. Появляется необходимость разных методов измерения статических экономических показателей и их динамики в условиях, когда можно предполагать непостоянство самой единицы измерения. При этом расчеты

динамики всегда заведомо неточны. Изменчивость основных единиц измерения приводит к тому, что результаты каждого расчета действительны только в узких пределах времени. Поэтому разные экономические показатели сопоставимы только, если они пересчитаны по одной и той же методике. Нарушение этого условия приводит к погрешности расчетов.

Поскольку результаты экономических расчетов используются для принятия решений в производственной деятельности, то ошибки в них могут привести к прямым потерям в производстве, может возникнуть диспропорция из-за неправильного определения необходимых ресурсов. Это в свою очередь приводит к потере репутации поставщика из-за нарушения сроков поставки, нарушения хода производства и в необходимости создания резервов для их предотвращения. Нарушение хода производства приводит к значительным потерям (оплата простоев, брака и др.), относительному возрастанию условно-постоянных расходов и сверхнормативному образованию запасов незавершенного производства.

Все названное выше позволяет сделать вывод о необходимости строгого упорядочения оценки используемых в плановых расчетах показателей. Разные уровни планирования предполагают наличие соответствующих им показателей. Так, чем выше уровень планирования, тем более общи используемые здесь показатели. Этим создается возможность планирования и анализа основных направлений развития экономической системы в целом без непосредственного вмешательства в деятельность ее отдельных частей.

Использование обобщающих показателей позволяет получить характеристику всей группы объектов планирования. В таких показателях учитывается только существенные факторы по всей совокупности и элиминируется влияние ряда факторов, определяющих реальную вариацию отдельных объектов управления, а отсюда происходит неизбежная колеблемость исходных данных вокруг общих и частных показателей.

Специфические вопросы приходится решать при функционировании показателей различных уровней планирования во времени, поскольку они сами изменяются во времени, а их разновременные состояния не всегда соизмеримы.

Для планирования изменений производственной деятельности необходимо, чтобы показатели, отражающие результативность производства, отвечали требованиям сравнимости во времени и пространстве. Решение этой проблемы достигается следующим: обеспечением сравнимости показателей как по горизонтали (между анализируемыми предприятиями), так и по вертикали (показатели производственного подразделения с показателями предприятия); обеспечением достоверности плановых показателей в смежные периоды времени и в динамике за ряд лет.

В настоящее время в научной литературе и хозяйственной практике существует три варианта по решению этой проблемы. Сторонники первого варианта предлагают планировать изменения производственной деятельности промышленного предприятия по уровню использования технического или производственного потенциалов [3,4].

Для обеспечения сравнимости технических потенциалов различных промышленных предприятий выделяются признаки, позволяющие классифицировать объекты на родственные группировки [2]: тип производства (единичный, мелкосерийный, серийный, крупносерийный, массовый); конструктивно-технологическая сложность продукции; объем производства; среднегодовая стоимость производственных основных фондов; количество основных технологических переделов.

Для обеспечения сравнимости производственных потенциалов промышленных предприятий предлагается набор частных показателей производственного потенциала и уровня его использования, и построение на их основе обобщающих показателей [3,4]. Величина обобщающего показателя производственного потенциала определяется исходя из следующих частных: среднегодовая стоимость основных производственных фондов; численность производственного персонала; величина оборотных средств; уровень специализации.

Обобщающий показатель использования производственного потенциала (эффективности производства) определяется на основе таких частных показателей, как рентабельность, себестоимость, производительность труда.

Однако широкого распространения в предпринимательской практике рассматриваемые подходы не получили.

Это связано, прежде всего, со слабой теоретической разработкой вопросов, связанных с определением величины как

технического, так и производственного потенциалов. Численно это подтверждается данными таблицы 1.

Таблица 1 – Состояние основных производственных фондов на Омских машиностроительных предприятиях

Показатели	Годы	Предприятия - представители					
		1	2	3	4	5	6
Износ основных фондов, %	2010	62.3	67.8	72.4	64.8	59.5	61.2
	2011	61.6	65.4	68.4	67.9	55.4	64.5
	2012	59.8	68.3	67.1	66.2	58.3	67.3
	2013	63.6	67.7	71.9	63.7	61.9	69.8
	2014	61.1	59.8	66.5	61.9	64.8	70.4
Доля изношенных основных фондов	2010	0.261	0.241	0.255	0.247	0.234	0.294
	2011	0.310	0.298	0.237	0.244	0.247	0.287
	2012	0.301	0.314	0.258	0.265	0.269	0.285
	2013	0.355	0.327	0.298	0.282	0.231	0.261
	2014	0.333	0.306	0.301	0.276	0.272	0.259
Ввод в действие основных фондов, %	2010	0.5	0.8	1.2	0.7	0.5	1.2
	2011	0.5	0.8	0.8	0.7	0.8	1.4
	2012	0.6	1.6	1.5	1.2	2.1	2.4
	2013	0.8	1.9	2.7	1.9	2.7	3.5
	2014	3.2	2.4	3.5	3.9	3.6	4.1

«Основная сложность в определении плановой величины технического потенциала связана с измерением совокупного качества основных производственных фондов. Очевидно, что в данном случае можно использовать тот же принцип, что и при планировании качества продукции аналогичного назначения, т.е. выделить основные структурные уровни системы и осуществить последовательное агрегирование показателей прогрессивности оборудования и применяемой технологии по этим уровням. Синтез структурных параметров с показателями, отражающими стоимость основных производственных фондов, позволяет определить плановую

величину технического потенциала. Иначе говоря, технический потенциал необходимо рассматривать как многоуровневую систему, обладающей сложной структурой» [4, с. 54].

Трудности в определении производственного потенциала заключается, прежде всего, в том, что на практике ее решают двумя путями: подменяют понятие производственного потенциала понятием производственной мощности; характеризуют производственный потенциал и его использование несколькими показателями. Ситуация с использованием производственных мощностей машиностроительных предприятий отражена в таблице 2.

Таблица 2 – Использование производственных мощностей на Омских машиностроительных предприятиях, %

Стадии производства	годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Заготовительное производство	88.9	82.7	67.2	63.9	64.4	68.8
Сборка	91.3	69.4	36.8	30.8	35.4	31.0
Механообработка	77.2	27.0	11.4	37.1	44.0	53.7

Это приводит к тому, что "динамика их не совпадает не только по величине, но и нередко и по направлению, что делает однозначные выводы практически невозможными" [5, с. 142].

Целесообразно отметить, что дальнейшее развитие данного направления и распространение его на структурные подразделения промышленного предприятия является весьма перспективным в развитии

внутри- и межпроизводственных экономических связей. Перспективность его заключается, прежде всего, в том, что реально учет производственного потенциала каждого предприятия, степени его использования на всех уровнях управления, позволит ликвидировать ряд недостатков в планировании, будет способствовать дополнительному поиску резервов

производства и полному использованию основных и оборотных фондов.

Сторонники второго варианта предлагают обеспечивать планирование изменений производственной деятельности промышленного предприятия по величине удельного уровня показателя. В качестве такого планового показателя предлагают использовать прибыль, соизмеренную с фондом заработной платы предприятия [6, с. 330-334]. Таким образом, этот показатель будет стимулировать рост прибыли и, одновременно, экономное расходование фонда заработной платы, и сокращение непроизводительных выплат из него.

Необходимо отметить, что выбор прибыли в качестве планового показателя изменений производственной деятельности не случаен. Преимущество прибыли состоит в том, что она не только отражает эффективность производства продукции, но и дает возможность установить зависимость между ней и оплатой труда работника. Функционирование прибыли как показателя экономического стимулирования позволяет связать оплату труда работника с общественными результатами труда коллектива. Объем средств для материального поощрения работника также зависит от массы прибыли, полученной промышленным предприятием, поэтому работники заинтересованы в улучшении производственной деятельности предприятия. Таким образом, с помощью прибыли удастся подчинить интересы коллектива интересам общества, в интересы каждого работника - интересам коллектива. Размеры материальных выплат должны быть обязательно связаны с показателями

непосредственного труда работников, тогда они будут материально заинтересованы в улучшении своих показателей.

В прибыли аккумулируются все стороны производственной деятельности промышленного предприятия. Прибыль зависит, с одной стороны, от объема реализации товара, который при данных ценах определяется количеством реализованной продукции, ее ассортиментом и качеством. Стимулируется рост производства не всякой продукция, а улучшенного качества, пользующейся спросом потребителей. Высокое качество обеспечивает реализацию, сбыт продукции и, тем самым, получение прибыли. Кроме того, высокие показатели качества учитываются при построении оптовых цен путем установления надбавок к ним. С другой стороны, размер прибыли соизмеряется с издержками производства, выступающими в форме себестоимости продукции, и уровнем затрат по реализации продукции. Прибыль представляет собой избыток над произведенными затратами и, таким образом, служит показателем, эффективности работы промышленного предприятия. Стимулирование роста прибыли означает стимулирование повышению эффективности производства и получение наибольших результатов при наименьших затратах, что отвечает насущным требованиям динамичной экономики.

В целях объективной оценки предлагаемого метода необходимо рассмотреть поведение показателя прибыли, соизмеренного с фондом заработной платы на уровне промышленного предприятия (таблица 3).

Таблица 3 – Доля прибыли в фонде оплаты труда на Омских машиностроительных предприятиях

Предприятия - представители	годы				
	2010	2011	2012	2013	2014
1	0.12	0.15	0.21	0.17	0.18
2	0.17	0.21	0.19	0.17	0.15
3	0.14	0.19	0.17	0.15	0.12
4	0.16	0.18	0.17	0.15	0.12
5	0.12	0.16	0.19	0.17	0.14
6	0.14	0.16	0.16	0.14	0.12

С помощью модельного инструментария можно оценить достигнутый уровень исследуемого показателя по каждому промышленному предприятию и наметить конкретные мероприятия по повышению эффективности ее деятельности. Так, чтобы достичь наибольшей результативности, необходимо осуществить ряд мер по росту

производительности труда, повышению конкурентоспособности продукции, снижению себестоимости выпускаемой продукции за счет сокращения непроизводительных расходов, брака и др.

Для выявления возможности планирования изменений производственной деятельности по показателю прибыли было

проведено аналитическое исследование. В качестве объекта исследования были взяты 16 предприятий, занимающихся выпуском машиностроительной продукции, за пять лет с 2010 по 2015 годы включительно. При определении значимости исследуемого показателя и определении связи его с другими экономическими показателями, характеризующими деятельность предприятия, были использованы методы математической статистики.

Процесс моделирования рассматриваемого показателя включает несколько этапов: отбор факторов, влияющих на моделируемый показатель; анализ парных связей факторов между собой и с моделируемыми показателями; анализ конечных уравнений регрессии.

Все три этапа осуществлены с использованием многофакторного регрессионного анализа, в качестве функции выступал исследуемый показатель.

С помощью разработанной модели можно оценить достигнутый уровень исследуемого планового показателя по каждому машиностроительному предприятию и наметить конкретные мероприятия по повышению эффективности ее деятельности.

Таким образом, на основании вышеизложенного, можно сделать вывод о сравнимости показателей машиностроительных предприятий между собой. Для решения вопроса о сопоставимости показателей в смежные периоды времени необходимо отметить следующее. На практике основные экономические показатели производственной деятельности предприятия, такие как балансовая прибыль и себестоимость товарной продукции, подвержены влиянию таких факторов, как изменение цен, качества перерабатываемого сырья и т.п. Поэтому, чтобы обеспечить их сопоставимость, балансовая прибыль дается в ценах и методологии предыдущего анализируемому года, и себестоимость товарной продукции также дается в ценах предыдущего года.

Что касается других показателей, влиявших на эффективность деятельности предприятия (производительность труда и другие), то они наиболее тесно связаны с объемными показателями и всецело зависят от их сопоставимости в смежные периоды времени. Наибольшие трудности приведения показателей в сопоставимый вид связаны с деятельностью производственных подразделений предприятий, занятых

изготовлением и реализацией основной продукции.

Рассмотрим поведение исследуемого показателя применительно к таким структурным подразделениям. В данном случае он будет определяться соотношением прибыли производственного подразделения с его фондом заработной платы.

В качестве объекта исследования были взяты основные структурные подразделения ОАО «Нефтемаш», ОАО «Сибнефтемаш» и ЗАО «ТМЗ». Для оценки исследуемого показателя были использованы методы математической статистики. Поэтому методика исследования была аналогичной, рассмотренной выше, применительно к машиностроительному предприятию. В качестве аргументов были выбраны следующие факторы в абсолютном измерении: прибыль основного структурного подразделения; нормативная заработная плата; производительность труда; себестоимость основного структурного подразделения; фондоотдача; затраты на 1 рубль продукция; фонд заработной платы основного структурного подразделения.

Таким образом, получаем, что планирование изменений деятельности производственного подразделения промышленного предприятия также может осуществляться по показателю прибыли этого подразделения. Тем самым, мы коснулись проблематики многолетней дискуссии экономистов о выборе показателя планирования изменений производственной деятельности структурного подразделения: прибыль или снижение себестоимости. Не вдаваясь в подробности данной дискуссии, подчеркивая важность этого вопроса, целесообразно отметить, что в настоящее время в экономической литературе сложилось по- существу три подхода к рассмотрению этого вопроса [7, с. 58-60].

Первый подход состоит в обосновании возможности применения в системе внутрифирменных отношений прибыли и рентабельности. В современных условиях доведение до производственных подразделений показателей прибыли и рентабельности способствует более тесной увязке бизнес-планов подразделений с бизнес-планами предприятия. Применение этих показателей расширяет возможности производственных подразделений в маневрировании производственными ресурсами, позволяет ему самостоятельно

выбирать пути выполнения бизнес-планов, создает экономическую заинтересованность в снижении издержек производства, повышении качества продукции и др.

Суть другого подхода состоит в том, что между производственными подразделениями предприятий нет процесса обращения, основанного на использовании товарно-денежных отношений, что прибыль, являясь экономической категорией, присуща процессу обращения. Поэтому, прибыль и рентабельность на этом уровне планирования является показателями условными и использовать их для планирования изменений производственной деятельности подразделений нецелесообразно.

Третий подход показывает, что показатели прибыли и рентабельности могут быть использованы в производственных подразделениях с замкнутым циклом производства и подразделениях, выпускающих готовую продукцию и полуфабрикаты, на которые установлены преискуранные цены. В остальных же случаях планировать производственным подразделениям показатель прибыль не следует.

Обобщая вышеизложенное, следует отметить, что прежде чем решать вопрос о выборе показателей планирования изменений производственной деятельности подразделения, необходимо определить порядок их расчета. При этом закономерен следующий вывод: в основе плановых расчетов показателей, отражающих изменения производственной деятельности подразделений, всегда лежит объемный измеритель. Поэтому, чтобы обеспечить достоверность планирования изменений производственной деятельности подразделений, необходимо, чтобы измеритель объема производства отвечал следующим требованиям: он должен обеспечивать сравнимость показателей не только на уровне родственных структурных подразделений, но и быть сравнимым с показателями предприятия [8]. Кроме этого измеритель объема производства должен быть сопоставим и в смежные периоды времени.

Рассмотрим третий вариант планирования изменений производственной деятельности. По-существу и в теории, и особенно на практике, он является общепризнанным, и нашел широкое применение и распространение на промышленных предприятиях. Планирование изменений показателей, как правило, достигается путей пересчета базовых

показателей по ценам или нормативам бизнес-плана. Такой метод обладает существенным преимуществом, так как позволяет обеспечивать текущий контроль за ростом производства на протяжении всего планового периода.

Однако использование данного метода затруднено в производственных подразделениях серийного типа производства, имеющих, как правило, технологическую специализацию и где бизнес-планирование и учет произведенной продукции ведется комплектно. Попытки введения различных коэффициентов (поправочных, пересчета, корректирующих и пр.) не приводят к желаемым результатам, поскольку изменение цен на готовый продукт оказывается связанным, не только с изменениями трудоемкости, но и с изменениями структуры продукта вследствие влияния ряда факторов: конструкторские доработки, изменения в технологии изготовления комплекта, перерасчетовка (передача отдельных деталей из одного производственного подразделения в другое) и др.

### **Заключение**

Таким образом, проведенное исследование показало, что на уровне промышленных предприятий в настоящее время нет единого системного подхода к планированию изменений производственной деятельности, что не позволяет организовать действенной системы внутрифирменных экономических отношений и связей, ориентированной на получение прибыли. Вместе с тем, планирование изменений производственной деятельности представляет собой динамичный творческий процесс. Построение процесса планирования изменениями означает, что все устремления предприятий, аналитические методы и приемы управления должны быть направлены на достижение одной общей цели: помочь предприятиям максимизировать свою прибыль в процессе корпоративного развития.

### **Библиографический список**

1. Бирюков, В.В. Производительность хозяйственных систем и модернизация промышленного производства / В.В. Бирюков // Вестник СибАДИ. – 2012. – № 1. – С. 84-88.
2. Радова, Ю.И. Методические основы прогнозной оценки объема инвестирования в инновационные проекты / Ю.И. Радова, С.И. Межев // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика. – 2014. – № 2 (69). – С. 78-83.

3. Дугельный, А.П. Структурные преобразования промышленного предприятия / А.П. Дугельный, В.Ф. Комаров. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т., 2001. – 256 с.

4. Ефремова, В.В. Оценка деятельности производственно-предпринимательских структур / В.В. Ефремова. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2004. – 140 с.

5. Богданов, А.А. Тектология (Всеобщая организационная наука). В 2-х кн.: Кн. 1 / А.А. Богданов. – М.: Экономика, 1989. – 304 с.

6. Организация производства на предприятии / под ред. О.Г.Туровца и Б.Ю. Сербиновского. – Ростов-на Дону: Изд. центр МарТ, 2002. – 464 с.

7. Миллер, А.Е. Планирование и оценка изменений производственной деятельности: процессно-модульный подход // А.Е. Миллер, В.Л. Голофаст. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2012. – 160 с.

8. Миллер, А.Е. Проблемы становления институционального интрапренерства / А.Е. Миллер, В.Н. Крючков // Вестник СибАДИ. – 2012. – № 1 (23). – С. 111-116.

#### SUBSTANTIATION OF PRODUCTION ACTIVITY CHANGES PLANNING OPTIONS

A. E. Miller

**Abstract.** In article the main options of planning of changes of a production activity are investigated. Prerequisites of an assessment of material benefits which is carried out thanks to the economic measuring instruments reflecting conditions of production are investigated. The role is proved and purpose of a choice of indicators of planning of changes of a production activity is opened. It is proved that use of the generalizing indicators allows to receive the characteristic of all group of objects of planning of changes of a production activity. Key options of planning of changes of a production activity are revealed. The contents and features of everyone their the studied options are defined. Influence of changes on resultant indicators of activity of the enterprise is allocated.

**Keywords:** planning, changes, enterprise, production activity.

#### References

1. Birjukov V.V. Proizvoditel'nost' hozjajstvennyh sistem i modernizacija promyshlennogo proizvodstva [Productivity of economic systems and modernization of industrial production]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 1. pp. 84-88.

2. Rastova Ju.I., Mezhov S.I. Metodicheskie osnovy prognoznnoj ocenki ob'ema investirovanija v innovacionnye proekty [Methodical bases of projection of volume of investment into innovative projects]. *Vestnik INZhJeKONa, Serija: Jekonomika*, 2014, no 2 (69). pp. 78-83.

3. Dugel'nyj, A.P., Komarov V.F. *Strukturnye preobrazovanija promyshlennogo predpriyatija* [Structural transformations of the industrial enterprise]. Novosibirsk: Novosib. gos. un-t., 2001. 256 p.

4. Efremova V.V. *Ocenka dejatel'nosti proizvodstvenno-predprinimatel'skih struktur* [Otsenk of activity of production and enterprise structures]. Омск: Izd-vo OmGTU, 2004. 140 p.

5. Bogdanov A.A. *Tektologija (Vseobshhaja organizacionnaja nauka)*. [Tektologiya (General organizational science)]. Moscow, Jekonomika, 1989. 304 p.

6. *Organizacija proizvodstva na predpriyatii* [The organization of production at the enterprise], pod red. O.G. Turovca i B.Ju. Serbinovskogo. – Rostov-na Donu: Izd. centr MarT, 2002. 464 p.

7. Miller A.E., Golofast V.L. *Planirovanie i ocenka izmenenij proizvodstvennoj dejatel'nosti: processno-modul'nyj podhod* [Planning and assessment of changes of a production activity: process and modular approach]. Омск: Izd-vo OmGTU, 2012. 160 p.

8. Miller A.E., Krjuchkov V.N. Problemy stanovlenija institucional'nogo intraprenerstva [Problems of formation of an institutional intraprenerstvo]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 1 (23). pp. 111-116.

*Миллер Александр Емельянович (Россия, Омск) – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономика и финансовая политика», Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского (644077, пр. Мира, 55а, e-mail: aem55@yandex.ru).*

*Alexander E. Miller (Russian Federation, Omsk) – doctor of economics sciences, professor, the head of the department of Economics and Financial policy, Omsk state university of F.M. Dostoyevsky (644077, Mira av., 55a, e-mail: aem55@yandex.ru).*

УДК 383

## ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СУДОХОДНЫМИ КОМПАНИЯМИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ

А.В. Михайлова<sup>1</sup>, С.А. Бородулина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» Россия, г. Санкт-Петербург;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (ИТМО), Россия, г. Санкт-Петербург.

**Аннотация.** В статье обоснована актуальность использования процессного подхода при управлении затратами судоходной компании в условиях жесткой конкуренции рынка водного транспорта и низкой рентабельности функционирования большинства его субъектов. Рассматриваются факторы, снижающие доходность и повышающих издержки судоходных компаний. Выделяются преимущества процессного подхода при управлении затратами, приводятся особенности бизнес-процессов судоходных компаний и классификация бизнес-процессов с выделением основных, вспомогательных процессов и процессов управления.

**Ключевые слова:** бизнес-процесс, классификация бизнес-процессов, судоходные компании, водный транспорт.

### Введение

Перевозки грузов внутренним водным транспортом являются экологически чистым и экономически выгодным способом транспортировки грузов. По рекам и судоходным каналам Российской Федерации грузы доставляются в 67 регионов страны. Наибольший объем грузов (более 15%) приходится на районы Крайнего Севера, где речной транспорт является одним из основных способов доставки грузов [1].

Однако, на сегодняшний день в России не используется весь потенциал перевозок грузов внутренним водным транспортом.

Речной транспорт страны используется неэффективно. По сравнению с 1990 объемы внутрироссийских речных грузоперевозок сократились в 4 раза с 600 млн. тонн до 140 млн. тонн. В развитых европейских странах на долю речных перевозок приходится более 11% всех перевозимых грузов, в то время как Российской Федерации этот показатель не превышает и 3%.

На рисунке 1 представлена динамика объема перевозок грузов (млн.т.) внутренним водным транспортом в период с 2000 по 2014 г [2].

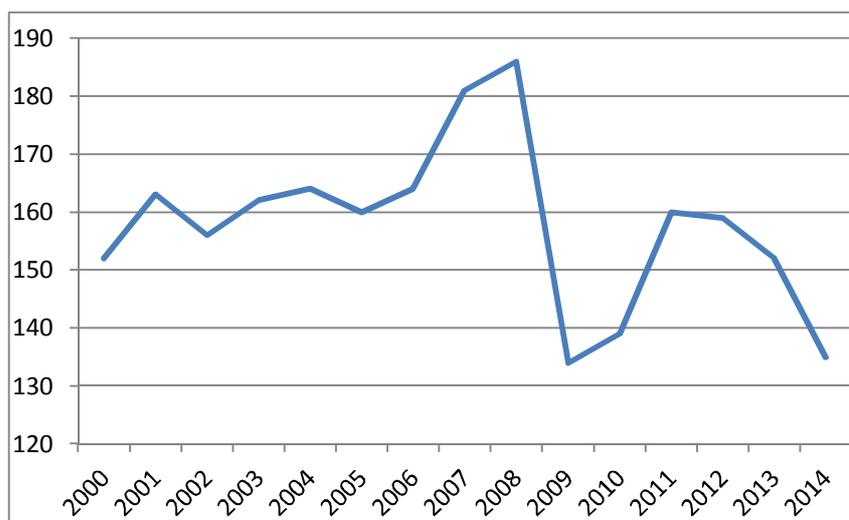


Рис. 1 Перевозки грузов водным транспортом (млн.т.)

Наибольшее падение объемов перевозки грузов наблюдается в период кризиса 2008-2009 годов. Пик объема перевозок приходится на 2007-2008 годы (181 и 186 млн.т. соответственно). На сегодняшний день наблюдается тенденция снижения перевозок грузов водным транспортом. Усугубляет эту ситуацию ухудшение состояния внутренних водных путей, флота, падение портовых мощностей, жесткая конкуренция со стороны автомобильного и железнодорожного транспорта.

### **Особенности использования процессного подхода при управлении затратами судоходной компании**

Одним из основных субъектов рынка доставки грузов и пассажиров водным транспортом являются судоходные компании. Судоходным компаниям свойственен ряд особенностей, которые в своей совокупности могут отрицательно влиять на эффективность внутренних бизнес-процессов, если не принимать специальных мер. Судоходные компании оказывают услуги по перевозке грузов и пассажиров, поэтому, в отличие от промышленных предприятий, они не могут использовать традиционные и эффективные способы контроля качества, такие как отдел технического контроля, выборочные проверки готовой продукции и т.д. Это осложняет контроль всех аспектов качества оказываемых услуг. Работая в условиях рыночной экономики и конкуренции, судоходная компания должна стремиться к обеспечению высокой степени удовлетворенности клиентов, к высокой эффективности внутренних бизнес-процессов и рентабельности. Помимо этого, в процессе развития судоходной компании возникают экономические, технические и технологические проблемы, требующие постоянного совершенствования ее организационной структуры и поиска новых прогрессивных форм управления [3].

Рынки, на которых работают судоходные компании, являются конкурентными и низкорентабельными. Конкурентность рынка, на котором работает компания, требует от нее реализации принципа постоянного стремления к повышению операционной эффективности и степени удовлетворенности ее клиентов. Низкая рентабельность, которая свойственна практически для всех конкурентных рынков, означает трудность использования ценовых методов конкуренции. Единственное, что остается в данном случае - это ориентация на клиента, стремление к максимально качественному

его обслуживанию. В противном случае компания может потерять конкурентоспособность [4].

Крупная судоходная компания может испытывать давление со стороны мелких поставщиков аналогичных услуг. Небольшие судоходные компании являются более гибкими, могут лучше подстраиваться под потребности клиента, поэтому часто эффективность их работы выше. Крупным компаниям необходимо принимать специальные меры, чтобы оставаться конкурентоспособными.

Крупная судоходная компания может оказывать услуги в области грузовых и пассажирских, зарубежных и каботажных, морских и речных перевозок, одновременно работая на большом числе фактически независимых рынков. Косвенным следствием этого является трудность контроля издержек в расчете на единицу продукции из-за сложности учета переменных затрат.

Компании отрасли сталкиваются с рядом факторов, снижающих доходность и повышающих издержки: жесточайшая конкуренция, где в борьбе за грузовую базу может участвовать практически любая судоходная компания мира; конъюнктурные колебания фрахтовых ставок, из-за которых может возникать избыток тоннажа судов и значительные убытки из-за их простоев; высокая фондоемкость ОПФ; сезонное и внесезонное снижение глубин в водных транспортных путях, что в речных перевозках приводит к необходимости недогружать суда на 25-30%, к простоям при шлюзовании; в речном судоходстве - необходимость затрат не только на содержание и эксплуатацию подвижного состава, но и на содержание самих внутренних водных путей с огромной системой гидротехнических сооружений; эти затраты вводятся в себестоимость в виде сборов, снижая их конкурентоспособность; рост затрат на техническое обслуживание и ремонт судов с увеличением их возраста - для старых судов (20 лет и более) они увеличиваются в два раза по сравнению с судами возрастом до 10 лет. При этом проблемы с обновлением флота могут оставаться нерешенными долгое время, так как остается ряд проблем при покупке и строительстве новых судов. Российские судоходные компании для обеспечения строительства новых судов (обычно не более одного-двух) могут авансировать в период строительства не более 20-25% цены, предоставить банку в качестве залога для обеспечения кредита на постройку и

долгосрочного послепоставочного финансирования, как правило, только заказываемое судно и/или свободные от обременений другие суда компании (обычно 15-20-летнего возраста) [5].

Судостроительные заводы для принятия заказа на строительство судна от российской компании ставят условия авансирования заказчиком в период строительства не менее 40-50% цены судна и наличие гарантии выплаты оставшейся части цены судна при его поставке, либо авансирование в период строительства до 85-90% цены судна; строительства не менее 2-3 единиц при заказе судов нового (неосвоенного) проекта.

Российские банки для предоставления финансирования (кредитования) строительства нового судна требуют подтверждение судоходной компании о ее способности выплатить в период строительства из собственных средств не менее 30% цены судна в виде авансовых платежей; залог судна после его поставки в пользу банка на срок предоставления кредита; подтверждение гарантированной загрузки судна не менее чем на половину срока кредитования.

При этом большинство российских банков даже при выполнении указанных требований не способны предоставить кредиты более чем на 5 лет, что в совокупности с относительно высокой стоимостью этих кредитов не обеспечивает окупаемость судов.

Сравнивая перечисленные возможности большинства российских судоходных компаний с условиями судостроительных заводов и требованиями российских банков можно констатировать, что проблемы, связанные с обновлением и пополнением флота для таких компаний, могут остаться неразрешимыми еще многие годы [6].

Перечисленные факторы создают довольно жесткие условия для ведения бизнеса, в совокупности с эксплуатационными затратами они ставят судоходство в ряд самых рискованных индустрий. Для судоходной компании, действующей на фоне этих факторов, жизненно важно контролировать, снижать и оптимизировать эксплуатационные издержки.

В современной теории большое внимание уделяется преимуществам процессного подхода в управлении компаниями, который позволяет достичь существенных преимуществ в управлении затратами и показателями результативности. В условиях непредсказуемо меняющейся рыночной конъюнктуры и жесткой конкуренции

быстрота и адекватность реакции всех систем предприятия, скорость, точность исполнения и эффективность операций предприятий приобретают особую значимость. Возникает необходимость в инструментах и методах, способствующих повышению клиентоориентированности и конкурентных преимуществ предприятий, эффективности функционирования их основных и вспомогательных бизнес-процессов, найти пути, которые обеспечат возможности достижения актуальных показателей деятельности и результативности. В таких условиях при осуществлении масштабной перестройки хозяйствующих субъектов эффективным подходом должен стать метод управления бизнес-процессами, призванный вывести предприятие на новый виток развития с учетом стратегических целей.

В современном мире для повышения прозрачности исполнения, гибкости, адаптивности бизнес-процессов под требования клиентов в науке и практике предлагается использование процессного подхода в управлении, который предполагает концентрацию усилий не на обособленных функциях структурных компонентов предприятия, а на цепочках работ, которые проходят через различные структурные подразделения и объединены в процессы. По мнению автора [5], процессный подход в управлении ориентирован не на организационную структуру, а на бизнес-процессы, конечными целями выполнения которых, является создание продуктов или услуг, представляющих ценность для внешних или внутренних потребителей.

Как отмечает ряд авторов [5,7 и пр.] «под процессным подходом к организации и управлению деятельностью предприятием понимается ориентация деятельности предприятия на бизнес-процессы, а системы управления предприятия на управление как каждым бизнес-процессом в отдельности, так и всеми бизнес-процессами предприятия».

Современные концепции управления трактуют главную задачу предприятия в ходе достижения рыночных целей так: «каждый клиент требует индивидуального отношения, с каждой клиентской группой надо работать по-особому, выстраивать свой бизнес-процесс». Для предприятия, реализующего новый подход в своей деятельности в условиях нестабильности рынка, это главный инструмент достижения устойчивости, опирающийся на глубокую детализацию процедур, операций, работ и процессов, четко закрепляющий ответственность и

задачи за каждым работников коллектива и группами работников. Таким образом, переход к процессному управлению компанией является необходимым условием повышения конкурентоспособности на рынке.

Как правило, как отмечает автор [8] собственники и топ-менеджеры предприятий связывают с применением процессного подхода возможности решения таких актуальных проблем как снижение затрат, рост рентабельности, повышение управляемости, прозрачности управления, ускорение принятия решений, снижение влияния человеческого фактора из-за лучшей регламентации выполняемых действий. В рамках процессного подхода смещаются акценты управления с объектов «ресурсы», «службы» на «бизнес-процессы».

Самой продвинутой в этом случае научной платформой выступает – процессный подход к организации управления в предприятии, еще и потому, что практика доказывает востребованность этого методологического инструментария и доля компаний, внедряющих процессный подход с течением времени увеличивается, что доказывает его высокую актуальность. Формирование, управление, оптимизация и контроль бизнес-процессов производится в тех компаниях, где применяют процессный подход в менеджменте. Процессный подход включает в себя направленное воздействие на процессы и подпроцессы, которые выделяют и закрепляют за подразделениями и сотрудниками компании. В международном стандарте ISO 9000:2000: «любая деятельность или совокупность деятельности, в которой используются ресурсы для преобразования входов в выходы, может рассматриваться как процесс». К процессному управлению чаще обращаются руководители организаций, которые имеют потенциал для роста и развития. В соответствии с пониманием В.Г. Елиферова и В.В. Репина под процессным подходом к управлению организацией понимается подход, основанный на формировании сети бизнес-процессов организации и последующего управления этими процессами по методике «plan – do – check – act», включая мониторинг удовлетворенности клиентов и внутренний аудит процессов [9]. Процессный подход рассматривается как один из способов оптимизации работы предприятия или его отдельных подразделений.

Существует большое количество авторских трактовок понятия «бизнес-

процесс». Упоминание термина «бизнес-процесс» используется в работах многих ученых, практиков, аналитиков, консультантов. Например, по определению М. Хаммера и Дж. Чампи «бизнес-процесс – совокупность различных действий, в рамках которой на входе используется один или более ресурсов, и в результате такой деятельности на выходе создается продукт, представляющий ценность для потребителя» [10]. В соответствии с официальным определением МС ИСО 9000:2000 под процессом понимается «совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, преобразующая входы в выходы, представляющие ценность для клиента». В МС ИСО под процессом можно понимать любую деятельность, использующую определенные ресурсы (персонал, информацию, материалы, имущество, технологии и пр.) и служащую для получения определенных выходов. Представленное определение процесса достаточно глобально, оно может описывать любое подразделение предприятия.

В соответствии с пониманием В.В. Елиферова и В.Г. Репина под бизнес-процессом понимается устойчивая, целенаправленная совокупность взаимосвязанных видов деятельности, которая по определенной технологии преобразует входы в выходы, представляющие ценность для потребителя. Аналогичное определение встречается также в трудах Н.М. Абдикеева [7] и пр.

Преимуществом процессного подхода перед функциональным, по мнению авторов [7,11 и пр.], является возможность моделирования деятельности предприятия, позволяющего просчитать несколько вариантов перераспределения функций и выбрать оптимальный для конкретного предприятия вариант. Сутью процессного подхода является контроль не технологий, а результатов работ. Таким образом, одним из показателей, характеризующих выполнение процессов судоходной компании, являются затраты. А управление затратами целесообразно рассмотреть, используя методы процессного управления.

На рисунке 2 представлена классификация возможных бизнес-процессов (БП) судоходной компании. Пунктиром в процентном соотношении выделены бизнес-процессы, которые многие, особенно средние и малые компании, отдают на аутсорсинг и самостоятельно не осуществляют.



Рис. 2. Классификация бизнес-процессов судоходной компании

Судоходные компании могут сильно отличаться по количеству бизнес-процессов, выделяемых в их деятельности [12]. Мелкие судоходные компании зачастую имеют в своем составе лишь один основной бизнес-процесс – перевозка грузов. В то время как крупные судоходные компании могут включать в себя такие основные процессы как: перевозка грузов, сдача флота в аренду, ремонт судов, погрузочно-разгрузочные работы, брокерские услуги и прочие. Это, прежде всего, связано с финансовыми возможностями компаний и долей рынка, которую они занимают.

Так иметь в наличии базы технического обслуживания флота могут позволить себе лишь немногие крупные судоходные компании, поскольку их содержание требует большого финансирования. Для эффективности их работы необходимо обеспечивать высокую загрузку баз

технического обслуживания. Судоходным компаниям, имеющим на балансе всего лишь десяток судов гораздо выгоднее осуществлять их ремонт на сторонних предприятиях, чем обеспечивать содержание собственных доков и стапелей.

В большинстве случаев погрузочно-разгрузочные работы, набор экипажей, ремонт судов осуществляют сторонние организации, с которыми судоходные компании заключают контракты. Все процессы судоходных компаний можно разделить на 3 группы: основные, вспомогательные, процессы управления.

Основные бизнес-процессы судоходной компании – ориентированы на оказание услуг. Они создают добавленную стоимость услуги, представляющую ценность для клиента; формируют результат и потребительские качества. Нацелены на получение прибыли предприятия. Как правило, основных бизнес-

процессов на предприятии немного (не более десяти). Некоторые ученые выделяют в компании только один основной процесс, остальные, считая дополнительными. В судоходных компаниях одними из главных основных бизнес-процессов, которые встречаются во всех судоходных компаниях, является перевозка грузов или пассажиров. Показатели, определяющие результат этих процессов – доходы, грузо- и пассажирооборот, объем перевозки грузов (пассажиров), нагрузка на тонну тоннажа, валовая производительность. Сдача флота в аренду – собственный бизнес-процесс компании. В российской практике суда чаще всего сдают в тайм-чартер (фрахтование судна с экипажем на время), также встречается аренда на условиях бербоут-чартера (фрахтование судна без экипажа). Основными результативными показателями процесса являются доходы от аренды, количество тоннажа, находящегося в аренде, срок аренды. Результативными показателями процесса «погрузочно-разгрузочные работы» являются доходы, объем грузопереработки, коэффициент использования пропускной способности причала, техническая производительность и коэффициент использования технической производительности портовой техники. Погрузочно-разгрузочные работы являются основным процессом судоходной компании в том случае, если она владеет грузовым терминалом с причалами и парком грузоподъемной техники.

Оказание брокерских услуг судоходными компаниями обеспечивает клиентам предоставление комплексной услуги: организация перевозки и непосредственно сам процесс перемещения груза. Оказание брокерских услуг позволяет судоходным компаниям не потерять клиентов в случае, если флот компании не работает на каком-либо направлении перевозки. Судоходная компания фрахтует сторонний тоннаж для перевозок в регионы, где у нее нет собственных судов. Также могут фрахтоваться специализированные суда, в том числе, для перевозки наливных, опасных, негабаритных и тяжеловесных грузов.

Обеспечивающие бизнес-процессы – это вспомогательные процессы, которые предназначены для обеспечения выполнения основных бизнес-процессов, они обеспечивают ресурсами все бизнес-процессы предприятия. В отличие от

основных количество обеспечивающих процессов достигает нескольких десятков. Для каждого основного процесса могут обслуживаться как собственными, характерными только для него обеспечивающими процессами, так и вспомогательными процессами, характерными для целого ряда основных бизнес-процессов.

Примерами обеспечивающих бизнес-процессов для судоходной компании являются: снабжение материалами (топливо, запчасти, продукты питания для экипажа), ремонт судов и оборудования, услуги связи и др. Оптимизация издержек на материалы и ремонт судов и оборудования может достигаться путем заключения прямых контрактов с заводами-изготовителями сменно-запасных частей, закупки топлива в межнавигационный период, долгосрочное сотрудничество с надежными поставщиками сырья и материалов.

Процессы управления - нацелены на управление основными и поддерживающими бизнес-процессами, процессами развития компании. Это бизнес-процессы, которые охватывают весь комплекс функций управления на уровне каждого бизнес-процесса и бизнес-системы в целом, то есть взаимосвязанного множества всех бизнес-процессов предприятия (управление персоналом, управление информационно-техническим обеспечением, маркетинг, заключение договоров, управление финансами, управление). Процессы управления могут осуществляться компанией как самостоятельно, так и отдаваться на аутсорсинг сторонним организациям (управление финансами – аудиторским фирмам, управление персоналом – круинговым компаниям и т.д.).

### **Заключение**

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно сделать вывод:

1. Судоходным компаниям свойственен ряд особенностей, которые могут отрицательно влиять на эффективность внутренних бизнес-процессов. Работая в условиях рыночной экономики и конкуренции, судоходная компания должна стремиться к обеспечению высокой степени удовлетворенности клиентов, высокой эффективности внутренних бизнес-процессов и рентабельности. Помимо этого, в процессе развития судоходной компании возникают экономические, технические и

технологические проблемы, требующие постоянного совершенствования ее организационной структуры и поиска новых прогрессивных форм управления.

2. Рынки, на которых работают судоходные компании, являются конкурентными и низкорентабельными. Конкурентность рынка требует от судоходной компании реализации принципа постоянного стремления к повышению операционной эффективности и степени удовлетворенности ее клиентов. Низкая рентабельность, которая свойственна практически всем конкурентным рынкам, означает трудность использования ценовых методов конкуренции. Единственным выходом является повышение клиентоориентированности и снижение затратности судоходной компании.

3. Современные рыночные факторы создают довольно жесткие условия для ведения бизнеса, в совокупности с эксплуатационными затратами они ставят судоходство в ряд самых рискованных индустрий. Для судоходной компании, действующей на фоне этих факторов, жизненно важно контролировать, снижать и оптимизировать эксплуатационные издержки.

4. В современной теории большое внимание уделяется преимуществам процессного подхода в управлении компаниями, который позволяет достичь существенных преимуществ в управлении затратами и показателями результативности. Сутью процессного подхода является контроль не технологий, а результатов работ. Таким образом, одним из показателей, характеризующих выполнение процессов судоходной компании, являются затраты. А управление затратами целесообразно рассмотреть, используя методы процессного управления.

5. В данной работе представлена классификация возможных бизнес-процессов судоходной компании. Представлена примерная структура, в процентном соотношении выделены бизнес-процессы, которые компании отдают на аутсорсинг и самостоятельно не осуществляют. Судоходные компании могут сильно отличаться по количеству бизнес-процессов, выделяемых в их деятельности. Мелкие судоходные компании зачастую имеют в своем составе лишь один основной бизнес-процесс – перевозка грузов. В исследовании также описаны результативные показатели процессов судоходной компании.

### Библиографический список

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>
2. Информационно-аналитический журнал «Морская биржа» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.maritimemarket.ru/>
3. Санжиева, Т.В. Управление рисками судоходной компании на основе интеграции сбалансированной системы показателей риск-менеджмента [Электронный ресурс] / Т.В. Санжиева // Журнал Университета водных коммуникаций – 2011. – № 1 (9). – Режим доступа: <http://journal.gumrf.ru/vipuski.html>
4. Костров, С.В. Тенденции развития воднотранспортного комплекса за рубежом [Электронный ресурс] / С.В. Костров // Вестник Самарского государственного университета путей сообщения. – 2013. – №2. – Режим доступа: [http://www.samgups.ru/science/nauchnye\\_izdaniya/ve\\_stnik-samgups/](http://www.samgups.ru/science/nauchnye_izdaniya/ve_stnik-samgups/)
5. Репин В.В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2005 – 408 с.
6. ООО «Держава-Лизинг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dleasing.ru/servises-ships.html>
7. Абдикеев, Н.М. Реинжиниринг бизнес-процессов: учебник / Н.М. Абдикеев, Т.П. Данько, С.В. Ильдеменов, А.Д. Киселев. – М.: Эксмо, 2007 – 592 с.
8. Реинжиниринг бизнес-процессов / под ред. А.О. Блинова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2010 – 343 с.
9. Елиферов, В.Г. Бизнес-процессы: Регламентация и управление: Учебник / В.Г. Елиферов, В.В. Репин. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 319 с.
10. Хаммер, М. Революция в бизнесе: реинжиниринг бизнес-процессов / М. Хаммер, Дж. Чампи. – М.: Омега, 2007 – 319 с.
11. Аньигба Ход Квадзо Проблемы экономического роста и инноваций в предпринимательской деятельности / Аньигба Ход Квадзо, С.А. Бородулина // Вестник ИНЖЭКОНа, №1 (60) серия Экономика. – СПб.: СПбГИЭУ, 2013 С. 316-318
12. Ершов, А.М. Кораблестроение и судостроение России: обеспечение конкурентоспособности и перспективы [Электронный ресурс] / А.М. Ершов // Вестник МГТУ - 2008.- том 11, № 2. – Режим доступа: <http://vestnik.mstu.edu.ru/>

### FEATURES OF FUNCTIONING AND MANAGEMENT OF SHIPPING COMPANIES IN MODERN CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF BRANCH

A.V. Mikhailova, S.A. Borodulina

**Abstract.** In article relevance of use of process approach at management of expenses of shipping company in the conditions of fierce competition of the market of a water transport and low profitability of functioning of most of his subjects is proved. The

factors reducing profitability and the shipping companies raising expenses are considered. Advantages of process approach at management of expenses are distinguished, features of business processes of shipping companies and classification of business processes with allocation of the main, auxiliary processes and management processes are given.

**Keywords:** business process, classification of business processes, shipping companies, water transport.

#### References

1. Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki Available at: <http://www.gks.ru/>
  2. Informacionno-analiticheskij zhurnal «Morskaja birzha» Available at: <http://www.maritimemarket.ru/>
  3. Sanzhieva T. V. Upravlenie riskami sudohodnoj kompanii na osnove integracii sbalansirovannoj sistemy pokazatelej risk-menedzhmenta [Risk management of shipping company on the basis of integration of the balanced system of indicators of a risk management]. *Zhurnal Universiteta vodnyh kommunikacij*, 2011, no 1 (9). Available at: <http://journal.gumrf.ru/vipuski.html>
  4. Kostrov S.V. Tendencii razvitiya vodnotransportnogo kompleksa za rubezhom [Tendencies of development of a water transport complex abroad]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshhenija*, 2013, no 2. Available at: [http://www.samgups.ru/science/nauchnye\\_izdaniya/ve-stnik-samgups/](http://www.samgups.ru/science/nauchnye_izdaniya/ve-stnik-samgups/)
  5. Repin V.V. *Processnyj podhod k upravleniju. Modelirovanie biznes-processov* [The process approach to management. Business Process Modeling]. Moscow, RIA «Standarty i kachestvo», 2005. 408 p.
  6. ООО «Derzhava-Lizing» Available at: <http://www.dleasing.ru/services-ships.html>
  7. Abdikeev N.M. *Reinzhiniring biznes-processov: uchebnik* [Business Process Reengineering: the textbook]. Moscow, Jeksmo.2007. 592 p.
  8. Blinova A.O. *Reinzhiniring biznes-processov* [Business Process Reengineering]. Moscow, JUNITI-DANA.2010. 343 p.
  9. Eliferov V.G., Repin V.V. *Biznes-processy: Reglamentacija i upravlenie: Uchebnik* [Business processes: Regulation and Management: Textbook]-Moscow, INFRA, 2006. 319 p.
  10. Hammer M., Champi Dzh. *Revoljucija v biznese: reinzhiniring biznes-processov* [Revolution in business: reengineering of business processes]. Moscow, Omega, 2007. 319 p.
  11. An'igba Hod Kvadzo, Borodulina S.A. Problemy jekonomicheskogo rosta i innovacij v predprinimatel'skoj dejatel'nosti [Problems of economic growth and innovation in business]. *Vestnik INZhJeKON*, 2013, no.1, pp.316-318.
  12. Ershov A.M. Korablestroenie i sudostroenie Rossii: obespechenie konkurentosposobnosti i perspektivy [Shipbuilding and shipbuilding of Russia: ensuring competitiveness and prospect]. *Vestnik MGTU*, 2008, tom 11, no 2. Available at: <http://vestnik.mstu.edu.ru/>
- Михайлова Анастасия Вячеславовна (Россия, г. Санкт-Петербург) – аспирант Федерального государственного бюджетного общеобразовательного учреждения высшего образования «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова» (ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова») (198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7, e-mail: nastya-semrino@ya.ru).*
- Бородулина Светлана Анатольевна (Россия, г. Санкт-Петербург) – доктор экономических наук, доцент Санкт-Петербургский национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (ИТМО); кафедра Управление транспортными системами (197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр-т, 49, e-mail: piter00000@mail.ru).*
- Mikhaylova Anastasia Vyacheslavovna (Russia, St. Petersburg) – the graduate student of Federal public budgetary educational institution of the higher education "The state university of sea and river fleet of a name of the admiral S. O. Makarov" (FGBOU WAUGH "GUMRF of a name of the admiral S. O. Makarov") (198035, St. Petersburg, Dvinskaya St., 5/7, e-mail: nastya-semrino@ya.ru).*
- Borodulina Svetlana Anatolyevna (Russia, St. Petersburg) – doctor of economics sciences, associate professor Sankt-Peterburgsky of national research university of information technologies, mechanics and optics (ITMO); Management of Transport Systems chair (197101, St. Petersburg, Kronverksky Ave, 49, e-mail: piter00000@mail.ru).*

УДК 338.45.01

## ПРОМЫШЛЕННОЕ ДОМИНИРОВАНИЕ: ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ДИАГНОСТИКИ ЯВЛЕНИЯ

М.В. Пятков<sup>1</sup>, Г.Д. Боуш<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского», Россия, г. Омск;

<sup>2</sup>ЧУ ООВО «Омская гуманитарная академия», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В представленной статье рассмотрены результаты анализа явления «промышленное доминирование». Авторами установлено, что промышленное доминирование опосредованно влияет на деятельность предприятий, ограничивая доступность эффектов агломерации в отрасли. Проведена работа по систематизации мирового опыта изучения промышленного доминирования, позволяющая выделить базовые условия, необходимые для возникновения данного явления. На основе полученной информации авторами выделены существенные отличия промышленного доминирования от сходных экономических явлений, а также разработана и описана методика диагностики, позволяющая достоверно оценить наличие промышленного доминирования, а также характер и степень влияния данного явления на деятельность предприятий отрасли.

**Ключевые слова:** промышленное доминирование, эффект агломерации, производственная концентрация.

### Введение

Одной из характерных особенностей экономики России является существование большого количества структурно неравномерных отраслей. Основная экономическая активность в них сосредоточена в относительно крупных предприятиях, не обладающих высокой степенью конкурентоспособности и препятствующих развитию как прочих предприятий отрасли, так и отрасли в целом. Несмотря на активное участие государственных и региональных властей в ограничении прямого воздействия относительно крупных предприятий на прочие предприятия отрасли (в частности, выраженное в принятии федерального закона «О защите конкуренции» и активной деятельности Федеральной антимонопольной службы), экономическая эффективность данных отраслей остается на низком уровне. Некоторые российские исследователи отмечают, что данное явление – специфическое для постсоветских стран [1], однако результаты анализа зарубежных исследований показывают, что концептуально схожие вопросы находят отражение в научных работах зарубежных учёных. Такие проблемы, как анализ влияния неравномерной структуры отрасли на деятельность отдельного предприятия и состояние экономических отношений, возникающих в процессе развития народного хозяйства, оказывают значительное воздействие на экономический рост страны и

выполнение долгосрочных социально-экономических целей.

Результаты изучения работ зарубежных исследователей [2-5] в области экономики и экономической географии позволяют разделить характер влияния относительно крупных предприятий на прочие предприятия отрасли на прямой и опосредованный. Под прямым влиянием относительно крупных предприятий понимается подавление конкуренции методами ценовой дискриминации и т.п. Опосредованное воздействие, также известное как промышленное доминирование, возникает вследствие самого факта наличия относительно крупных предприятий в отрасли и оказывает неявное негативное влияние на деятельность предприятий отрасли. Основным следствием данного явления является ограничение доступности эффектов агломерации для предприятий отрасли: доступность трудовых ресурсов; доступность капитала; стремление к предпринимательству, зачастую неучтенные при формировании промышленной политики. Исходя из данного контекста, изучение промышленного доминирования – явления, опосредованно снижающего конкуренцию как отдельных промышленных предприятий отрасли, так и экономического потенциал отрасли в целом – в отраслях промышленности России приобретает особую актуальность.

Вышесказанное обуславливает цель выполненного авторами статьи

исследования: необходимость понять, как наличие промышленного доминирования в отрасли оказывает влияние на деятельность предприятий, действующих в данной отрасли, каковы условия возникновения данного явления, а также способы и методы его идентификации на практике.

**Базовые условия возникновения и эффекты влияния промышленного доминирования**

Изучая зарубежный опыт исследования вопросов, посвященных изучению опосредованного влияния относительно крупных предприятий на прочие предприятия отрасли, примеров неуспешного проведения промышленной политики в таких отраслях и т.п., мы пришли к выводу, что проблема

опосредованного воздействия наличия крупных предприятий в отрасли на деятельность всех предприятий отрасли не получила широкого освещения в научной литературе. Исследованию роли промышленного доминирования как явления опосредованного воздействия наличия крупных предприятий в отрасли на деятельность предприятий отрасли в целом посвящены работы, в основном, зарубежных ученых. По итогам анализа основных научных результатов, полученных исследователями промышленного доминирования, мы можем выделить базовые условия существования данного явления, а также присущих ему эффектов (табл. 1).

Таблица 1 – Наиболее значимые результаты работ, посвященных исследованию промышленного доминирования

Автор	Основные научные результаты
Б. Чиниц	Определены сущностные характеристики промышленного доминирования – опосредованный характер влияния предприятий, направленность на влияния на доступность эффектов агломерации [2].
Э. Фезер	Для промышленного доминирования более характерно присутствие в отрасли эффектов локализации (производственной концентрации) [4].
Дж. Дракер	Выявлены и подтверждены основные направления влияния промышленного доминирования на доступность капитальных и трудовых ресурсов, доступность специализированных активов и услуг, предпринимательскую активность [3].
С. Розенталь и В. Стрэндж	Промышленное доминирование возникает в условиях локализации предприятий отрасли [5].

Источник: составлено авторами

Контент-анализ указанных научных работ позволил выделить следующие эффекты влияния промышленного доминирования на деятельность предприятий отрасли: ограничения в доступности капитала; ограничения в доступности трудовых ресурсов; ограничение доступа к коммуникационным и транспортным услугам.

По нашему мнению, подход к анализу промышленного доминирования, основанный только на исследовании эффектов данного явления, является недостаточным для выделения сущностных характеристик промышленного доминирования и его отличий от сходных по природе явлений. Для повышения полноты и точности представлений о сущности явления промышленного доминирования требуется выявить условия его возникновения. В результате анализа научной литературы нами выделены два наиболее существенных базовых условия, определяющих характер и степень влияния промышленного доминирования на деятельность предприятий отрасли.

*1. Наличие производственной концентрации в отрасли.*

Выделение данного условия обусловлено тем, что для возникновения промышленного доминирования требуется наличие в отрасли агломерации определенной формы и характера. Авторами проведено уточнение, какой из видов агломерационных процессов в большей степени способствует возникновению промышленного доминирования. Результаты анализа зарубежных исследований позволяют выделить два источника формирования агломерации, влияющих на характер межфирменных связей в отрасли: стремление к производственной концентрации и к пространственной концентрации. Следствием производственной концентрации (в западной литературе – локализации) является создание монопрофильных территорий (территорий, в которых действуют одна или несколько смежных специализированных отраслей), следствием пространственной концентрации (урбанизации) – создание кластера [6,7].

Таким образом, с высокой вероятностью промышленное доминирование будет присутствовать в отраслях с высокой степенью именно производственной концентрации.

*2. Зависимость темпов роста предприятий от внешних факторов.*

Выделение данного условия обусловлено характером эффектов влияния промышленного доминирования на деятельность предприятий. Промышленное доминирование является внешним фактором по отношению к деятельности предприятия, так как оказывает влияние исключительно на доступность эффектов агломерации для предприятий отрасли. Таким образом, для возникновения промышленного доминирования необходимо, чтобы рост предприятия также был подвержен влиянию внешних факторов. Сходное по сущности явление – независимость темпов роста фирмы от ее размера (т.е. внутренних факторов) – известно в научной литературе как «закон Жибра» [8]. Авторами рассмотрены практические доказательства объективности данного утверждения для определенных отраслей [8,9]. Анализ эмпирических работ подтвердил, что промышленное доминирование характерно для отраслей, развивающихся по «закону Жибра», т.е. отраслей, в которых рост

выручки предприятий зависит больше от внешних, а не внутренних факторов.

В целом, по результатам проведенного анализа мы можем сделать следующие выводы: существование промышленного доминирования возможно только в случае, если экономический рост отдельного предприятия не будет зависеть от его размера (отсутствие высокой степени корреляции между объемом выручки фирмы и темпом ее прироста), так как в обратном случае экономический рост отрасли будет определяться исключительно факторами, внутренними по отношению к отдельным предприятиям. Кроме того, явления промышленного доминирования подразумевает наличие определенного количества предприятий, взаимодействующих между собой, в отрасли, действующей в регионе (наличие производственной концентрации). Вместе, предоставленные базовые условия способствуют уточнению сущности явления «промышленное доминирование».

**Сущность явления «промышленное доминирование»**

Выявленные условия возникновения явления промышленного доминирования позволяют осуществить дифференциацию соответствующего явления от сходных явлений (например, «рыночное доминирование») (табл. 2).

Таблица 2 – Отличия рыночного доминирования от промышленного доминирования

Критерии сравнения	Рыночное доминирование	Промышленное доминирование
Критерии возникновения явления	Уровень монополизации отрасли и размер предприятия	Уровень производственной концентрации отрасли и зависимость темпов роста фирмы от внешних факторов
Условия усиления явления	В случае если распределение рыночных долей предприятий в отрасли становится менее сбалансированным	В случае если вхождение фирмы в отрасль выполняет базовые условия
Условия снижения (исчезновения) явления	В случае если распределение рыночных долей предприятий в отрасли становится более сбалансированным	В случае если вхождение фирмы в отрасль не выполняет базовых условий
Зависимость от количества фирм в отрасли	Обратно пропорционально количеству фирм в отрасли	Прямо пропорционально количеству фирм в отрасли при выполнении базовых условий
Способы и характер воздействия на деятельность предприятий	Прямое влияние (через цены и качество продукции) крупных предприятий на деятельность малых предприятий отрасли	Опосредованное взаимовлияние (через доступность эффектов агломерации) на деятельность всех предприятий отрасли

Источник: составлено авторами на основе изученного материала

Исходя из данных, представленных в таблице, можно увидеть, что промышленное доминирование не является идентичным явлению рыночного доминирования. В общем

виде различия между рыночным доминированием и промышленным доминированием могут быть представлены в виде схемы (рис. 1).



Рис. 1. Сравнение рыночного доминирования и промышленного доминирования  
Источник: составлено авторами

Из представленной схемы можно увидеть, что отличие промышленного доминирования заключается в том, что каждое предприятие отрасли, а не только крупное, вносит вклад в возникновение и усиление данного явления в отрасли. В совокупности, исходя из полученных результатов, мы можем заключить, что сущность промышленного доминирования отлична от традиционного взаимодействия крупных и малых предприятий в отрасли. Промышленное доминирование не может возникнуть в качестве одностороннего воздействия более крупных фирм на более мелкие: каждая фирма, входящая в отрасль, влияет на уровень промышленного доминирования в данной отрасли (увеличивая или уменьшая доступность эффектов агломерации), независимо от её размера.

**Методика диагностики промышленного доминирования**

Особенности промышленного доминирования, описанные выше, способствуют формированию специальных методов исследования, отличных от общепринятых. Однако, вследствие того что явление промышленного доминирования зачастую не идентифицируется в рамках общего анализа рыночного доминирования в отрасли, в настоящее время отсутствуют надежные научно-методические подходы и инструментарий, позволяющие однозначно идентифицировать данное явление, а также

определить характер и степень его влияния на деятельность предприятий отрасли. Наиболее часто используются методики, основанные на расчете различных индексов концентрации с использованием агрегированных данных о состоянии предприятий отрасли [10], однако они не позволяют однозначно выделить промышленное доминирование среди сходных явлений.

Для анализа промышленного доминирования авторами предлагается проведение комплексной экономической диагностики, изучающей как условия возникновения исследуемого явления, так и эффекты его влияния. С методической точки зрения процесс предлагаемой диагностики включает в себя три этапа:

1. Определение наличия/отсутствия производственной концентрации в изучаемой отрасли. На данном этапе авторами предлагается расчет индекса Эллисона-Глейзера. Расчет данного показателя на первом этапе диагностики позволяет подтвердить наличие (в случае, если значение индекса окажется меньше -0,05) или отсутствие производственной концентрации в отрасли, т.е. проанализировать базовое условие возникновения промышленного доминирования. По результатам данного этапа можно сделать вывод о наличии промышленного доминирования в отрасли.

2. Оценка уровня монополизации в отрасли. На данном этапе авторами предлагается провести расчет индекса Херфиндаля-Хиршмана и проанализировать динамику значений индекса на соответствие области допустимых значений уровня монополизации отрасли, при которых возможно существование промышленного доминирования. Кроме того, анализ линейного тренда на базе значений индекса Херфиндаля-Хиршмана и соответствующих значений индекса Эллисона-Глэйзера позволяет определить направление развития промышленного доминирования в отрасли.

3. Оценка влияния промышленного доминирования на доступность эффектов агломерации для предприятий отрасли. Данный этап включает в себя корреляционный анализ, определяющий характер зависимости между промышленным доминированием и соответствующими эффектами агломерации, а также анализ модели линейной регрессии, позволяющей оценить опосредованное влияние промышленного доминирования на выручку

предприятий отрасли. По результатам данного этапа можно сделать вывод о характере взаимосвязи между промышленным доминированием и эффектами агломерации отрасли, а также о характере опосредованного влияния промышленного доминирования на деятельность предприятий отрасли.

Преимуществами предлагаемой методики диагностики влияния промышленного доминирования на деятельность предприятий отрасли являются высокая степень достоверности результатов, достигающаяся за счет использования статистических данных по каждому предприятию вместо агрегированных показателей, а также высокий уровень дескриптивности вследствие того, что оценка явления промышленного доминирования производится на все этапах – от проверки базовых условий до определения характера и степени влияния явления на деятельность предприятий отрасли.

Предлагаемый процесс диагностики промышленного доминирования может быть представлен в виде логической схемы (рис. 2).



Рис. 2. Схема процесса диагностики промышленного доминирования  
Источник: составлено авторами

Последовательное выполнение каждого этапа в рамках предлагаемой методики диагностики позволит получить агрегированное заключение о наличии промышленного доминирования в отрасли и характере его влияния на деятельность предприятий, что, в свою очередь, будет способствовать формированию и реализации

более эффективной промышленной политики в отраслях с присутствием данного явления.

**Заклучение**

Таким образом, по результатам систематизации и анализа теории возникновения, существования и влияния промышленного доминирования, мы можем заключить, что данное явление обладает характеристиками, отличающими его от

традиционного рыночного доминирования. По нашему мнению, представленные существенные отличия и особенности промышленного доминирования обосновывают использования специальных методов исследования данного явления. Представленная в статье методика диагностики влияния промышленного доминирования на деятельность предприятий отрасли позволяет нам выделить, оценить и проанализировать явление промышленного доминирования во всех аспектах его существования – от условий возникновения до эффектов влияния. В рамках предлагаемой методики диагностики влияния промышленного доминирования на деятельность предприятий отрасли мы получаем ответы на следующие вопросы:

- 1) Каков характер взаимосвязи между промышленным доминированием и эффектами агломерации в отрасли?
- 2) Оказывает ли промышленное доминирование значимое влияние на доступность эффектов агломерации в отрасли?

В совокупности, ответы на указанные вопросы позволят нам сделать полный и достоверный вывод о характере влияния промышленного доминирования на деятельность предприятий отрасли.

#### Библиографический список

1. Тульчинский, Г.Л. От «спасения» и выживания к инновационному развитию: Социальное партнерство как основа решения проблемы моногородов / Г.Л. Тульчинский // Муниципальная власть. – 2011. – № 2. – С.36-40.
2. Chinitz B. Contrasts in agglomeration: New York and Pittsburgh / B. Chinitz // *The American Economic Review*. – 1961. - №51 (2), pp. 279-289.
3. Drucker J. Regional Industrial Dominance, Agglomeration Economies, and Manufacturing Plant Productivity / J. Drucker // *US Census Bureau Center for Economic Studies*. – 2007. – Paper № CES-07-31
4. Feser, E.J. Agglomeration, enterprise size, and productivity / E.J. Feser // *Theories of Endogenous Regional Growth: Lessons for Regional Policies*. – 2001. – pp. 231-251.
5. Rosenthal S.S., W.S. Strange Geography, industrial organization, and agglomeration / S.S. Rosenthal, W.S. Strange / S.S. Rosenthal // *The Review of Economics and Statistics*. 2003. no 85 (2). p. 377-393.
6. Holmes T.J. Localization of industry and vertical disintegration / T.J. Holmes // *The Review of Economics and Statistics*. - 1999. - №81 (2). - pp.314-325.
7. Hoover E. The location of economic activity [Электронный ресурс]. - New York: McGraw-

Hill Book Company, 1948. – 336 p. - url: <https://archive.org/details/locationofeconom029874mbp>

8. Sutton, J. Gibrat's legacy. *Journal of Economic Literature*. – 1997. - №35 (1). – pp. 40-59.
9. Lotti F. et al Does Gibrat's Law hold among young, small firms? *Journal of Evolutionary Economics*. 2003. №13 (3). pp. 213-235.
10. Moomaw, R.L. Have changes in localization economies been responsible for declining productivity advantages in large cities? *Journal of Regional Science*. 1986. no 26 (1). pp. 193-200.

#### INDUSTRIAL DOMINANCE: THE THEORY AND THE METHODS OF DIAGNOSIS

M.V. Pyatkov, G.D. Boush

**Abstract.** The results of industrial dominance' theoretic research and the methods of diagnosis are presented. According to the authors, the impact of industrial dominance lies in the sphere of decreasing the firm's access to agglomeration effects. The basic conditions which are needed for the emergence of industrial dominance are presented. The author presents the way to diagnose existence of industrial dominance along with the method of measuring the influence of industrial dominance within a particular industry. The results presented by the authors will help to form effective economic policy for industries where industrial dominance is presented.

**Keywords:** industrial dominance, agglomeration effects, localization

#### References

1. Tulchinsky G.L. Ot «spaseniya» i vyzhivaniya k innovacionnomu razvitiyu: Social'noe partnerstvo kak osnova resheniya problemy monogorodov [From survival to innovation development: Social partnership as the answer to monotowns' problem]. *Municipal authority*, 2011, no 2, pp.36-40.
2. Chinitz B. Contrasts in agglomeration: New York and Pittsburgh / B. Chinitz // *The American Economic Review*. 1961. no 51 (2), pp. 279-289.
3. Drucker J. Regional Industrial Dominance, Agglomeration Economies, and Manufacturing Plant Productivity / J. Drucker // *US Census Bureau Center for Economic Studies*. 2007, Paper № CES-07-31
4. Feser E.J. Agglomeration, enterprise size, and productivity. *Theories of Endogenous Regional Growth: Lessons for Regional Policies*, 2001, pp. 231-251.
5. Rosenthal S.S., Strange W.S. Geography, industrial organization, and agglomeration. *The Review of Economics and Statistics*, 2003, no 85 (2). p. 377-393.
6. Holmes T. J. Localization of industry and vertical disintegration. *The Review of Economics and Statistics*, 1999, no 81 (2). pp. 314-325.
7. Hoover E. The location of economic activity New York: McGraw-Hill Book Company, 1948. – 336 p. Available at: <https://archive.org/details/locationofeconom029874mbp>
8. Sutton J. Gibrat's legacy. *Journal of Economic Literature*, 1997, no 35 (1). pp. 40-59.

9. Lotti F. et al Does Gibrat's Law hold among young, small firms? *Journal of Evolutionary Economics*, 2003, no13 (3). pp. 213-235.

10. Moomaw R. L. Have changes in localization economies been responsible for declining productivity advantages in large cities? *Journal of Regional Science*, 1986, no 26 (1). pp. 193-200.

*Пятков Максим Викторович (Россия, г. Омск) – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского», ФГБОУ «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского» (644077, пр. Мира, 55а, e-mail: Pmv0990@gmail.com).*

*Боуш Галина Дмитриевна (Россия, г. Омск) – доктор экономических наук, доцент; профессор кафедры управления, политики и права Частного учреждения образовательной организации*

*высшего образования «Омская гуманитарная академия», ЧУ ООВО «ОМГА» (644105, ул. 4-я Челюскинцев, 2 а, e-mail: gboush@narod.ru).*

*Pyatkov Maxim Viktorovich (Russian Federation, Omsk) – the graduate student of Federal public budgetary educational institution "Omsk state university of F.M. Dostoyevsky", FGBOU "OMGU of F.M. Dostoyevsky" (644077, Mira Ave., 55a, e-mail: Pmv0990@gmail.com).*

*Boush Galina Dmitriyevna (Russian Federation, Omsk) – the doctor of economics, the associate professor; professor of chair of management, policy and right of Private institution of the educational organization of the higher education "Omsk humanitarian academy", CHU OOWO "OMGA" (644105, st. 4th Chelyuskintsev, 2 and, e-mail: gboush@narod.ru).*

## Требования по оформлению рукописей, направляемых в научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ»

Для публикации принимаются рукописи по направлениям: **Транспортное, горное и строительное машиностроение; Транспорт; Строительство и архитектура; Информатика, вычислительная техника и управление; Экономические науки.**

Рукопись должна быть оригинальной, не опубликованной ранее в других печатных изданиях, написана в контексте современной литературы, обладать новизной и соответствовать профилю журнала. Автор отвечает за достоверность сведений, точность цитирования и ссылок на официальные документы и другие источники. Редакция принимает на себя обязательство ограничить круг лиц, имеющих доступ к присланной в редакцию рукописи, сотрудниками редакции, членами редколлегии, а также рецензентами данной работы.

**1. Заголовок.** На первой странице указываются: индекс по универсальной десятичной классификации (УДК) (размер шрифта 10 пт) – слева в верхнем углу; Далее по центру полужирным шрифтом размером 12 пт прописными буквами печатается название статьи, ниже обычным шрифтом (12 пт.) – инициалы, фамилия автора, место работы и наименование города и страны.

**Заглавие авторского материала,** поступающего в редакцию, на русском и английском языках, должно быть адекватным его содержанию и по возможности кратким.

**2. Аннотация.** Статья должна иметь развернутую аннотацию (не менее 500 символов) на русском и английском языках. Начинается словом **«Аннотация»** с прописной буквы (шрифт полужирный, курсив, 10 пт); точка; затем с прописной буквы текст (курсив, 10 пт). Аннотация не должна содержать ссылки на разделы, формулы, рисунки, номера цитируемой литературы.

**3. Ключевые слова** размещаются после аннотации, на русском и английском языках (не более 5 семантических единиц).

**4. Содержание научной (практической) статьи должны включать:**

- **вводную часть**, где автором обосновывается актуальность темы и целесообразность ее разработки, определяются цель и задачи исследования;

- **основную часть статьи**, разделенную на поименованные разделы, где автором на основе анализа и синтеза информации раскрываются процессы и методы исследования проблемы и разработки темы, подробно приводятся результаты проведенного исследования;

- **заключительная часть**, где автором формулируются выводы, даются рекомендации, раскрываются результаты исследования, содержащие научную новизну, указываются возможные направления дальнейших исследований.

По тексту обязательны **ссылки на источники информации** оформляются числами, заключенными в квадратные скобки (например [1]). Библиографические описания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 и тщательно выверяются. Если ссылка на источник информации в тексте статьи повторяется, то повторно в квадратных скобках указывается его номер из списка (без использования в библиографическом списке следующего порядкового номера и ссылки «Там же»). В случае, когда ссылаются на различные материалы из одного источника, в квадратных скобках указывают каждый раз еще и номер страницы, например, [1, с. 17] или [1, с. 28–29].

**5. Библиографический список.** Печатается по центру ниже основного текста и через строку помещается пронумерованный перечень источников в порядке ссылок по тексту. Желательно, чтобы для статьи объемом в 5-7 страниц количество ссылок в библиографическом списке было не менее 8. Отсутствие необоснованного самоцитирования: доля ссылок на статьи авторов рукописи, изданные ранее, не должно превышать 25% от общего количества ссылок.

**6. Библиографический список на латинице (References).**

**7. Информация об авторах** (на русском / английском языке) Места работы всех авторов, их должности и контактная информация (если есть электронные адреса, обязательно указать их).

### Правила оформления рукописи:

Объем рукописи должен быть не менее **5 страниц** и не должен превышать **7 страниц, включая таблицы и графический материал.** Рукопись должна содержать не более 5 рисунков и (или) 5 таблиц. Количество авторов не должно превышать четырех. Формат А4, шрифт "Arial" (10 пт), отступ первой строки 0,6 см, межстрочный интервал одинарный.

**Поля:** верхнее – 3,5 см, остальные – по 2,5.

**Основной текст рукописи** набирается шрифтом 10 пт.

Все сокращения при первом употреблении должны быть полностью расшифрованы, за исключением общепринятых терминов и математических величин.

Информация о грантах приводится в виде сноски в конце первой страницы статьи.

**Формулы** необходимо набирать в редакторе формул **Microsoft Equation**. Перенос формул допускаются на знаках «плюс» и «минус», реже – на знаке «умножение». Эти знаки повторяются в начале и в конце переноса. Формулы следует нумеровать (нумерация сквозная по всей работе арабскими цифрами). Номер формулы заключают в круглые скобки у правого края страницы.

**Рисунки, схемы и графики** предоставляются в электронном виде включенными в текст, в стандартных графических форматах с обязательной подрисуночной подписью, и отдельными файлами с

расширением (**JPEG, GIF, BMP**). 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). В основном тексте должны содержаться лишь ссылки на них: **на рисунке 1.....**,

**Рисунки и фотографии** должны быть ясными и четкими, с хорошо проработанными деталями с учетом последующего уменьшения. При представлении цветных рисунков автор должен предварительно проверить их качество при использовании черно-белой печати.

**Таблицы** предоставляются в редакторе Word.

**Отсканированные версии рисунков, схем, таблиц и формул не допускаются.**

**В редакцию необходимо предоставить следующие материалы:**

- текст рукописи на русском языке в электронном и бумажном виде. (в редакторе Microsoft Office Word 2003 – шрифт "Arial" (10 пт), отступ первой строки 0,6 см, межстрочный интервал одинарный. с подписью авторов, с фразой: **«статья публикуется впервые» и датой**;

- **регистрационную карту автора**: фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, ученое звание, должность, название организации, служебный адрес, телефон, e-mail;

- **рецензию специалиста с ученой степенью** по тематике рецензируемого материала. Рецензия должна быть заверенная в отделе кадров той организации, в которой работает рецензент;

- **экспертное заключение** о возможности опубликования в открытой печати;

- **лицензионной договор** между ФГБОУ ВПО «СибАДИ» и авторами;

- **справку о статусе** / месте учебы (если автор является аспирантом).

Решение о принятии к публикации или отклонении рукописи принимается редколлегией.

Редакция направляет авторам статьи, требующих доработки, письмо с текстом замечаний. Доработанная статья должна быть представлена в редакцию не позднее **двух недель**. К доработанной статье должно быть приложено письмо от авторов, содержащее ответы на все замечания и указывающее все изменения, сделанные в статье.

*К публикации в одном номере издания принимается не более одной статьи одного автора.*

Редакция сохраняет за собой право производить литературную редакцию и коррекцию материалов в соответствии с требованиями современного русского языка и стилем издания без согласования с автором (-ами). При необходимости более серьезных исправлений правка согласовывается с автором (-ами) или статья направляется автору (-ам) на доработку.

Название файлов должно быть следующим: «Статья\_Иванова\_АП», «Рисунки\_Иванова\_АП», «РК\_Иванова\_АП», «РФ\_ст\_Иванова\_АП»

**Статьи, направляемые в редакцию, без соблюдения выше перечисленных требований, не публикуются.**

**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 научного рецензируемого журнала

«Вестник СибАДИ»,

патентно-информационный отдел – каб. 3226.

Тел. (3812) 65-23-45,

Выпускающий редактор «Вестника СибАДИ» - Куприна Татьяна Васильевна

*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>