

ISSN 2071-7296



**СИБАДИ**®

# ВЕСТНИК

# СибАДИ



**№ 5(45)/2015**

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

# **ВЕСТНИК СибАДИ**

Выпуск 5 (45)

Омск  
2015

*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 НР 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), Mittelbiberach, 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), Mittelbiberach, 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 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 23.10.2015 г. Формат 60×84 ½. 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», 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ I

#### ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

<b>Д.С. Алешков, М.В. Суковин, В.В. Столяров</b> Применение адаптивной системы перераспределения мощности двигателя с целью снижения вредного воздействия токсичных веществ на организм человека	7
<b>С.В. Баглайчук, В.А. Нехаев, В.А. Николаев</b> Характеристика упругого элемента подвески сиденья военной гусеничной машины	13
<b>Н.С. Галдин, О.В. Абдулаева, С.В. Ерёмин</b> Технико-экономическое обоснование проектирования мостовых кранов	17
<b>А.И. Демиденко, А.З. Аглиуллин, А.Б. Летопольский, Д.С. Семкин</b> Оценка отклонения дна траншеи от плоскости при копании роторными экскаваторами	21
<b>А.Г. Маркин, Б.В. Журавский, А.П. Жигadlo</b> Энергообеспечение пуска двигателя внутреннего сгорания автомобиля	26
<b>Ю.И. Матяш, Ю.М. Сосновский, А.В. Колтышкин</b> Физико-химическая оценка преддефектного состояния стальных узлов и деталей при усталостном нагружении	31
<b>Г.В. Редреев, В.В. Евстифеев, И.А. Клюев</b> Формирование защитного слоя ремонтно-восстановительного состава на поверхности деталей низконагруженных пар трения	36
<b>С.В. Сорокин, М.Е. Каспер</b> Перспективы развития общественного пассажирского транспорта города Омска	38
<b>К.Э. Сафронов, С.М. Мочалин</b> Обеспечение доступности различных видов пассажирского транспорта для инвалидов	45
<b>С.В. Сухарева, Р.Ю. Сухарев</b> Обоснование интегральных критериев качества земляных работ, выполненных цепными траншейными экскаваторами	52

### РАЗДЕЛ II

#### СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

<b>Е.В. Войтович, И.Л. Чулкова, Е.В. Фомина, А.В. Череватова</b> Повышение эффективности цементных вяжущих с активным минеральным нанодисперсным компонентом	56
<b>В.Д. Галдина, М.С. Черногородова</b> Моделирование составов и свойств полимерно-битумных вяжущих методом планирования эксперимента	62
<b>О.В. Демиденко, С.М. Кузнецов</b> Совершенствование обоснования очередности строительства зданий и сооружений	66
<b>С.А. Матвеев, Е.А. Мартынов, Н.Н. Литвинов</b> Расчет армированной конструкции дорожной одежды как многослойной плиты на упругом основании	72
<b>И.В. Слепцов</b> Оптимизация состава отряда дорожных машин для зимнего содержания городских улиц и дорог с учетом влияния на режимы движения транспортных потоков	76
<b>А.В. Смирнов, Е.В. Андреева, В.Ф. Игнатов,</b> Динамические процессы в дорожных конструкциях автомагистралей	81
<b>Ю.В. Столбов, С.Ю. Столбова, Л.А. Пронина, И.Е. Старовойтов</b> Расчет допусков на геодезические разбивочные работы с учетом точности технологических процессов при изысканиях и строительстве автомобильных дорог	87
<b>Е.В. Тишков, Ю.Е. Пономаренко, С.С. Роскошный, М.В. Мосин</b> Промерзание оснований фундаментов зданий и сооружений: причины и последствия	93
<b>В.А. Хомич, О.И.Кривонос</b> Сапропелевые модификаторы цементного вяжущего	99

**РАЗДЕЛ III  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

<b>Р.В. Борисов, Д.Н. Зверев, А.Е. Сулавко, В.Ю. Писаренко</b> Оценка идентификационных возможностей особенностей работы пользователя с компьютерной мышью	106
<b>С.В. Корнеев, Я.В. Ярмович, В.Н. Кузнецова</b> Обобщенная методика расчета бака отстойника для системы смазки дробильно-размольного оборудования	113
<b>П.А. Корчагин, И.А. Тетерина</b> Математическая модель сложной динамической системы «возмущающие воздействия – машина – оператор»	118
<b>И.В. Лазута, Е.Ф. Лазута</b> Теоретические исследования системы автоматического управления погружением винтовой сваи	123
<b>Е.Ю. Руппель</b> Приложение рядов для расчета рекуперации кинетической энергии при использовании пневмогидроаккумулятора	129

**РАЗДЕЛ IV  
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

<b>Н.В. Боровских, Е.М. Авласович</b> Гендерные различия в оплате труда: региональный аспект	136
<b>О.В. Быкова, Д.И. Заруднев</b> Стоимостные и технико-эксплуатационные показатели выбора грузовых автотранспортных средств	142
<b>В.А. Губенко, С.А. Бородулина</b> Факторы, определяющие размер доходов аэропортовых предприятий в России	147
<b>А.В. Зинич, О.С. Евдохина, О.В. Кондратьева</b> Развитие человеческого капитала молодежи в аграрной сфере	153
<b>Ю. В. Калашникова</b> Особенности инновационного развития России в кризисных условиях	158
<b>А.И. Ковалев, Т.В. Ивашкевич, О.Н. Левчegov</b> Менеджмент как система-трансформер	165
<b>Е.Б. Лерман</b> Организационно-экономические аспекты развития предприятий пассажирского транспорта	171
<b>Т.В. Натальина</b> Установление причинно-следственных связей между стратегией и бизнес-процессами предприятия	178
<b>М.С. Перфильев</b> Формирование проектного офиса для выполнения проектно-изыскательских работ комплексных инфраструктурных объектов капитального строительства на основе декомпозиции работ	184
<b>В.П. Плосконосова, В.В. Бирюков</b> Конкурентное поведение бизнеса в инновационной экономике	191
<b>С.М. Хаирова, А.В. Шимохин</b> Совершенствование организации услуг по ремонту оборудования	194

## CONTENTS

### PART I TRANSPORTATION. TRANSPORT TECHNOLOGICAL MACHINERY

<b>D.S. Aleshkov, M.V. Sukovin, V.V. Stolyarov</b> Use of adaptive system of redistribution engine capacities on purpose decrease in the harmful impacts of toxic substances on the human body	7
<b>S.V. Baglaychuk, V.A. Nehaev, V.A. Nikolaev</b> Feature of the springy element of the lavalieri stay-at-home military caterpillar machine	13
<b>N.S. Galdin, O.V. Abdulaeva, S.V. Eremina</b> The technical- economic report on designing of bridge cranes	17
<b>A.I. Demidenko, A.B., A.Z. Agliullin, A.B. Letopolsky, D.S. Semkin</b> Evaluation of deviation from the plane of the bottom of the trench digging rotary excavator	21
<b>A.G. Markin, B. V. Zhuravsky, A.P. Zhigadlo</b> Power supply of start-up of the engine internal combustion of the car	26
<b>YU.I. Matyash, Yu. M. Sosnovsky, A.V. Koltyskhin</b> Physical and chemical bases of estimation previous to defect states steel components at fatigue loading	31
<b>G.V. Redreev, V.V. Evstifeev, I.A. Klyuev</b> Creating a protective layer on the surfaces repair and restorative composition low loaden friction pairs	36
<b>S.V. Sorokin, M.E. Kasper</b> Prospects for the development of public transport of the city of Omsk	38
<b>K.E. Safronov, S.M. Mochalin</b> Providing affordable various types of passenger transport for disabled	45
<b>S.V. Sukhareva, R.Y. Sukharev</b> Justification of the integrated quality criteria of earthworks, made of chain trench excavators	52

### PART II ENGINEERING. BUILDING MATERIALS AND STRUCTURES

<b>E.V. Voytovich, I.L. Chulkova, E.V. Fomina, A.V. Cherevatova</b> Increase of efficiency cement knitting with the active mineral nanodisperse component	56
<b>V.D. Galdina, M.S. Chernogorodova</b> Modelling of structures and properties of polymer-bitumen binding methods of experiment planning	62
<b>O.V. Demidenko, S.M. Kuznetsov</b> Improvement of justification of sequence of construction of buildings and constructions	66
<b>S.A. Matveev, E.A. Martynov, N.N. Litvinov</b> Calculation of the reinforced design of road clothes as multilayered plate on the elastic basis	72
<b>I.V. Sleptsov</b> Optimization of the composition of road machines brigade for winter maintenance of city streets and roads taking into account impact on conditions traffic flow	76
<b>A.V. Smirnov, E.V. Andreyeva, V.F. Ignatov</b> Dynamic processes in road designs highways	81
<b>YU.V. Stolbov, S.YU. Stolbova, L.A. Pronina, I.E. Starovoytov</b> Calculation of admissions for geodetic marking works taking into account the accuracy of technological processes at researches and construction of highways	87
<b>E.V. Tishkov, Yu. E. Ponomarenko, S.S. Roskoshniy, M.V. Mosin</b> Frost penetration in the bases of the foundations of buildings and constructions: reasons and consequences	93
<b>V.A. Khomich, O.I. Krivonos</b> Sapropelic modifying additives for cement bonding agents	99

**PART III  
MATHEMATICAL MODELING. SYSTEMS OF AUTOMATION DESIGNING**

<b>R.V. Borisov, D.N. Zverev, A.Ye. Sulavko, V.Yu. Pisarenko</b> The assesment of the identification capabilities of features of the user interacts with a computer mouth	106
<b>S.V. Korneev, Ya.V. Yarmovich, V.N. Kuznetsova</b> The generalized method of calculation of the tank of the settler for the equipment crushing and razmolny lubrication system	113
<b>P.A. Korchagin, I.A. Teterina</b> Mathematical model of the complex dynamic system "perturbation influences-machine- operator"	118
<b>I.V. Lazuta, E.F. Lazuta</b> Theoretical research of the system of automatic control dive of the screw piles	123
<b>E.Ju. Ruppel'</b> The app series for calculation of kinetic energy recovery when using a gas hydraulic accumulator	129

**PART IV  
ECONOMICS AND MANAGEMENT**

<b>N.V. Borovskikh, E.M. Avlasovich</b> Gender differences in payment for labour: a regional aspect	136
<b>O.V. Bykova, D.I. Zarudnev</b> Cost and operational parameters of choosing cargo vehicles	142
<b>V.A. Gubenko, S.A. Borodulina</b> The factors determining the income of the airport enterprises in Russia	147
<b>A.V. Zinich, O.S. Evdokhina, O.V. Kondratieva</b> Development of the human capital of youth in the agrarian sphere	153
<b>Y.V. Kalashnikova</b> Peculiarities of innovative development of russia in crisis conditions	158
<b>A.I. Kovalev, T.V. Ivashkevich, O.N. Levchegov</b> Management as a system transformer	165
<b>E.B. Lerman</b> Organizational and economic aspects of developing enterprises of passenger transport	171
<b>T.V. Natalyina</b> Determining cause and effect relations between strategy and business processes of the company	178
<b>M.S. Perfiliev</b> Creating a project office for implementing survey works of complex infrastructure objects of a capital construction on the basis of works' decomposition	184
<b>V.V. Biryukov, V.P. Ploskonosova</b> The competitive business in the innovatite economy	191
<b>S.M. Khairova, A.V. Shimokhin</b> Perfecting organization of services on equipment's repair	194

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

---

УДК 629.331:502.3

**ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЕ ВРЕДНОГО  
ВОЗДЕЙСТВИЯ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА**

Д.С. Алешков, М.В. Суковин, В.В. Столяров  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ» Россия, г. Омск.

***Аннотация.** Статья посвящена проблеме снижения вредного воздействия токсичных веществ на организм человека при работе цепного траншейного экскаватора. Характерное изменение нагрузки на валу дизельного двигателя внутреннего сгорания в ходе рабочего процесса, связанное с изменениями грунтовых условий, приводит к увеличению содержания в отработавших газах угарного газа, оксидов азота, сажи, углеводородов. В статье описан метод, позволяющий двигателю работать в номинальном режиме. Установив номинальный режим, оптимально перераспределения мощность двигателя между рабочим органом и движителем, возможно добиться максимального сгорания топлива, что приводит к сокращения вредных газов.*

***Ключевые слова:** отработавшие газы, дизельный двигатель, дорожно-строительная техника, оксид углерода, углеводороды, оксиды азота, сажа.*

**Введение**

Проблема содержания вредных веществ в отработавших газах является в настоящее время актуальной. Выхлопные газы — отработавшее в двигателе рабочее тело. Являются продуктами окисления и неполного сгорания углеводородного топлива. Выбросы выхлопных газов — основная причина превышения допустимых концентраций токсичных веществ и канцерогенов в атмосфере крупных городов, образования смога, являющихся частой причиной отравления в замкнутых пространствах, а так же является одной из предпосылок образования парникового эффекта [1,2].

**Снижение вредного воздействия токсичных веществ на организм человека при работе цепного траншейного экскаватора с гидрообъемной трансмиссией**

Применительно к дорожно-строительным машинам, как правило, оснащенными дизельными двигателями, не мало важным фактором влияния на состав отработавших газов является режим работы ДВС. В качестве рассматриваемой дорожно-строительной техники была выбрана модель цепного траншейного экскаватора ЭТЦ-1616 на базе трактора ОМТЗ-82 выпускаемого омским заводом транспортного машиностроения и оснащенного дизельным двигателем d-245.5. Техниче-

ская характеристика двигателя говорит о том, что наименьший расход топлива наблюдается на номинальной частоте вращения коленчатого вала равной 1400 об/мин при этом крутящий момент достигает своего максимума. Из этого следует вывод, что оптимальным режимом работы является номинальный режим, без изменения скоростной характеристики. Изменения скоростной характеристики двигателя цепного траншейного экскаватора приведет к увеличению вредных выбросов. Основной причиной отклонения от номинального режима работы ДВС являются постоянно изменяющиеся грунтовые условия и как следствие несвоевременная реакция на изменяющуюся ситуацию человека оператора.

Для решения данной проблемы предлагаем оборудовать ЦТЭ адаптивной системой управления перераспределения мощности. С внедрением системы управления содержание вредных веществ в составе отработавших газов будет минимально постоянным, напряженность трудового процесса человека оператора перейдет из вредного класса условий труда первой степени 3.1 в допустимые условия труда класс 2, а так же немаловажным эффектом от внедрения предлагаемой системы является увеличение производительности ЦТЭ и снижение расхода топлива



За основу взята идея оптимального перераспределения мощности между 2 потребителями: двигателем и рабочим органом. С датчиков информационных параметров, установленных на гидромоторах, а именно с датчиков вращения, и датчиков моментов информация поступает в блок управления, где происходит обработка параметров рабочего процесса и формируется управляющее воз-

действие на исполнительные элементы системы в соответствии, с разработанным алгоритмом, представленном на рисунке 1. Если производительности рабочего органа  $\Pi_1$  и двигателя  $\Pi_2$  не равны или суммарная мощность рабочего органа  $N_1$  и двигателя  $N_2$  не равны мощности двигателя  $N_{об}$ , то подаются управляющие сигналы на гидромоторы рабочего органа  $q_1$  и двигателя  $q_2$  [3,4].

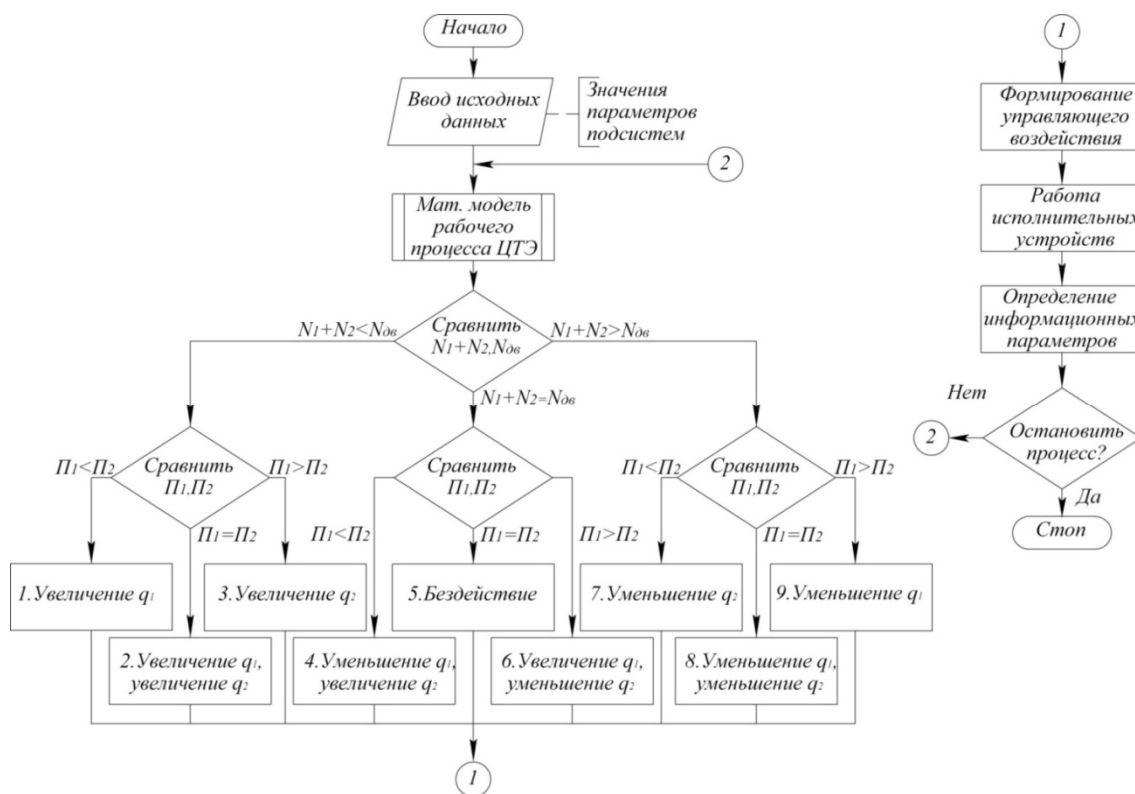


Рис. 1. Алгоритм работы системы управления

Проведен анализ РП ЦТЭ и представлена совокупность математических моделей отдельных подсистем, на основании которых составлена обобщенная математическая модель РП ЦТЭ. Обоснован критерий эффективности РП ЦТЭ:

$$E = \frac{N_{\Pi}}{\Pi}, \quad (1)$$

где  $E$  – энергоемкость рабочего процесса ЦТЭ;  $N_{\Pi}$  – потребляемая мощность;  $\Pi$  – производительность ЦТЭ.

Входными параметрами обобщенной математической модели РП ЦТЭ являются: заданная глубина копания; возмущающие воздействия со стороны силы реакции разрабатываемого грунта на рабочий орган (РО) и на элементы ходового оборудования (ХО) базовой машины со стороны микрорельефа.

Выходными параметрами обобщенной математической модели РП ЦТЭ являются [5]: текущее значение потребляемой мощности; текущее значение производительности ЦТЭ; энергоемкость РП ЦТЭ.

С учетом неравномерного прямолинейного движения, вызванного воздействиями на элементы ХО неровностей микрорельефа и силы реакции разрабатываемого грунта на РО, суммарный момент сил сопротивления, приложенных к валу ДВС, описывают уравнениями[1,6]:

$$M_C = M_{PO} + J_{PO} \frac{d\omega_{M1}}{dt} + M_{ХО} + J_{ХО} \frac{d\omega_{M2}}{dt} - M_{\theta}; \quad (2)$$

$$M_{PO} = M_{M1} i_1 \eta_1; \quad (3)$$

$$M_{ХО} = M_{M2} i_2 \eta_2; \quad (4)$$

$$M_{\theta} = (r_k / i_2) G_{\text{ЦТЭ}} \sin \theta, \quad (5)$$

где  $M_C$  – суммарный момент сил сопротивлений, приложенных к валу ДВС;  $M_{\text{ХО}}$  – момент сил сопротивления качению трактора;  $M_{\text{РО}}$  – момент, возникающий от сил сопротивления копания грунта;  $M_{\theta}$  – приведенный к валу трактора момент сил сопротивления, возникающий от движения трактора под уклон;  $J_{\text{РО}}$  – момент инерции РО;  $J_{\text{ХО}}$  – момент инерции ходового оборудования;  $\omega_{M1}$  – угловая скорость гидромотора вала рабочего органа;  $\omega_{M2}$  – угловая скорость гидромотора вала ходового оборудования;  $M_{M1}$  – крутящий момент на валу гидромотора РО,  $M_{M2}$  – крутящий момент на валу гидромотора движителя;  $i_1, i_2$  – передаточные отношения трансмиссий РО и движителя, соответственно;  $\eta_1, \eta_2$  – коэффициент полезного действия (КПД) трансмиссий РО и движителя, соответственно;  $G_{\text{ЦТЭ}}$  – сила веса ЦТЭ;  $r_k$  – радиус колеса;  $\theta$  – угол наклона поверхности грунта, относительно горизонтальной плоскости.

Рабочий процесс ДВС совместно с регулятором числа оборотов описывается выражениями [5]:

$$J_D \omega'_D = M_D(\omega_D, z) - M_C; \quad (6)$$

$$M_D(\omega_D, z) = M_{D(\text{MIN})}(\omega) + M_Z - \kappa_D z; \quad (7)$$

$$mz'' + v_{\text{ТР}} z' + E(z) + F_H = A(z) \omega_D^2; 0 \leq z \leq z_{\text{MM}}, \quad (8)$$

где  $J_D$  – момент инерции ДВС,  $M_D$  – активный момент на валу ДВС;  $\omega_D$  – угловая скорость вала ДВС;  $M_{D(\text{MIN})}(\omega)$  – момент ДВС при минимальной подаче топлива, соответствующей холостому ходу;  $M_Z$  – приращение момента при максимальной подаче топлива;  $z$  – перемещение муфты регулятора, отсчитываемое от положения максимальной подачи топлива;  $m$  – приведенная к муфте масса всех подвижных частей регулятора;  $v_{\text{ТР}}$  – коэффициент вязкого трения;  $F_H$  – сила предварительного натяга пружины, приведенная к муфте;  $A(z)$  – коэффициент поддерживающей силы,  $c_{\text{ПР}}$  – жесткость пружины регулятора.

В процессе работы ЦТЭ ходовое оборудование взаимодействует с рельефом грунтовой поверхности, неровности которой приводят к стохастическим вертикальным и угловым перемещениям ЦТЭ и РО при движении машины. Для моделирования микрорельефа левой и правой колеи в работе использовалась корреляционная функция, определяемая выражением:

$$R(t) = \sigma_y^2 e^{-\alpha_m |t|}, \quad (9)$$

где  $\sigma_y$  – среднеквадратическое отклонение исходного микрорельефа;  $\alpha_m$  – коэффициент затухания функции;  $t$  – время корреляции.

При составлении программы на персональном компьютере микрорельеф был сглажен по пятну контакта шины с микрорельефом:

$$y_{\text{сГ}}(m) = \frac{1}{x_0} \cdot \sum_{m=i-k}^{i+k} y(i), \quad (10)$$

где  $y_{\text{сГ}}(m)$  – ординаты сглаженного микрорельефа;  $k = 0,5(x_0 - 1)$ ;  $x_0$  – интервал усреднения;  $y(i)$  – ординаты несглаженного микрорельефа.

Математическая модель взаимодействия ХО с грунтом описана в соответствии с зависимостями [7]:

$$\delta_k = A \left( \frac{F_k}{G_{k1} + F \cos \beta} \right) + B \left( \frac{F_k}{G_{k1} + F \cos \beta} \right)^n; \quad (11)$$

$$V_2 = \omega_{M2} (1 - \delta_k) \frac{r_k}{i_3}; \quad (12)$$

$$R_k = F_k = \psi (G_{k1} + F \cos \beta) + R_H; \quad (13)$$

$$M_{M2} = r_k (\psi (G_{k1} + F \cos \beta) + R_H) i_3, \quad (14)$$

где  $\delta_k$  – коэффициент буксования;  $F_k$  – суммарная сила сопротивления, приложенная к ЦТЭ;  $A, B, n$  – эмпирические коэффициенты, зависящие от свойств грунта и протектора;  $G_{k1}$  – составляющая силы веса ЦТЭ, приходящая на заднюю ось машины;  $V_2$  – скорость передвижения базовой машины;  $r_k$  – радиус колеса;  $R_k$  – горизонтальная сила реакции на колесе;  $M_k$  – активный момент сил на валу заднего моста;  $F$  – сила реакции разрабатываемого грунта на РО;  $\psi$  – коэффициент сцепления  $R_H$  – сила сопротивления перемещению зачистного башмака;  $i_3$  – передаточное отношение редуктора, устанавливаемого между осью заднего моста и гидромотором движителя.

Система уравнений, описывающая работу движителя с учетом изменения радиуса колеса, можно записать в виде:

$$y'' = -\frac{1}{m_K} [v_{ш} y' + c_{ш} y - q(t)]; \quad (15)$$

$$r_k = r - y_{CT} - y_{CG}, \quad (16)$$

где  $m_K$  – масса, приходящаяся на ось колеса;  $v_{ш}$  – коэффициент демпфирования шин;  $c_{ш}$  – жесткость шин;  $q(t)$  – сила, возникающая в результате воздействия неровностей микрорельефа на ХО;  $r$  – свободный радиус колеса;  $y_{CT}$  – статический прогиб колеса под нагрузкой;  $y$  – вертикальная координата перемещения оси.

Анализ силы реакции разрабатываемого грунта на РО ЦТЭ показал, что сила реакции может быть представлена как случайный процесс. В связи с этим в данной работе сила реакции разрабатываемого грунта на РО в соответствии с работами Федорова Д.И. и Бондаровича Б.А. представлена как сумма двух составляющих, низкочастотной (тренда) и высокочастотной (флюктуации) [8,9,10,11]:

$$\bar{F} = \bar{F}_T + \bar{F}_\phi, \quad (17)$$

где  $\bar{F}$  – сила реакции разрабатываемого грунта на РО;  $\bar{F}_T$  – низкочастотная составляющая силы реакции (тренд);  $\bar{F}_\phi$  – высокочастотная составляющая силы реакции (флюктуация).

Корреляционные функции флюктуаций при копании грунтов РО ЦТЭ аппроксимированы выражением:

$$R_\phi(\tau) = \sigma_\phi^2 \cdot e^{-\alpha_\phi |\tau_k|} \cdot \cos(\beta_\phi |\tau_k|), \quad (18)$$

где  $\sigma_\phi$  – среднеквадратическое отклонение силы реакции;  $\alpha_\phi$  и  $\beta_\phi$  – коэффициенты затухания и периодичности корреляционной функции;  $\tau_k$  – время корреляции.

Момент сил, возникающий на валу гидромотора РО от сил сопротивления копанию, определяется [2,3]:

$$M_{M1} = Fr_Z i_4, \quad (19)$$

где  $r_Z$  – радиус звездочки РО;  $i_4$  – передаточное отношение редуктора, устанавливаемого между РО и гидромотором РО.

Для каждого из элементов, входящих в гидрообъемную трансмиссию, была составлена своя математическая модель, представляющая собой систему дифференциальных и алгебраических уравнений, а затем в результате композиции была найдена систе-

ма уравнений, описывающих гидрообъемную трансмиссию машины в целом.

Гидронасосы представлены уравнениями:

$$P_H = P_1 + M_H \eta_{OH} / q_H; \quad (20)$$

$$Q_H = \frac{q_H \omega_H \eta_{MH}}{2\pi}; \quad (21)$$

$$\omega_H = \omega_D i_P, \quad (22)$$

где  $Q_H$  – подача насоса;  $q_H$  – рабочий объем насоса;  $\omega_H$  – угловая скорость вала насоса;  $M_H$  – крутящий момент на валу насоса;  $P_1$ ,  $P_H$  – давления соответственно на входе и выходе;  $\eta_{OH}$ ,  $\eta_{MH}$  – КПД насоса соответственно объемный и гидромеханический;  $i_P$  – передаточное отношение редуктора, устанавливаемого между ДВС и гидронасосом.

Математическая модель гидромотора описана уравнениями [6,12]:

$$M_M = q_{MM} e_{MM} (P_{MH} - P_{MC}) \eta_{MM} - J_M \omega'_M; \quad (23)$$

$$\omega_M = Q_M \eta_{OM} / (2\pi q_{MM} e_M); \quad (24)$$

$$e_M = q_M / q_{MM}, \quad (25)$$

где  $Q_M$  – расход гидромотора;  $q_{MM}$  – максимальный рабочий объем гидромотора;  $q_M$  – рабочий объем гидромотора;  $e_M$  – параметр регулирования;  $\omega_M$  – угловая скорость вала гидромотора;  $J_M$  – момент инерции вращающихся масс, приведенный к валу гидромотора;  $M_M$  – крутящий момент на валу гидромотора;  $P_{MH}$ ,  $P_{MC}$  – давления соответственно на входе и выходе;  $\eta_{OM}$ ,  $\eta_{MM}$  – КПД гидромотора соответственно объемный и гидромеханический.

Гидролиния представлена уравнениями:

$$Q_M = Q_H - \frac{dP_H}{dt} k_{УИР.ТР}; \quad (26)$$

$$P_H = P_M + \lambda \frac{8\gamma L_{ТР}}{\pi^2 g d_{ТР}^5} \left( \frac{Q_H + Q_M}{2} \right) \left( \frac{Q_H + Q_M}{2} \right), \quad (27)$$

где  $Q_H$ ,  $Q_M$  – расходы рабочей жидкости соответственно на входе и выходе из сливной гидролинии;  $P_H$ ,  $P_M$  – давления соответственно на входе и выходе из сливной гидролинии;  $d_{ТР}$  – диаметр гидролинии;  $L_{ТР}$  – длина гидролинии;  $\gamma$  – удельный вес рабочей жидкости;  $g$  – ускорение свободного падения.

Вычисление производительностей и мощностей на РО и ХО производятся по зависимостям:

$$P_1 = 3600b_c h V_1 z; \quad (28)$$

$$P_2 = 3600BHV_2; \quad (29)$$

$$N_1 = \frac{M_{M1} \omega_{M1} i_1 \eta_1}{2\pi}; \quad (30)$$

$$N_2 = \frac{M_{M2} \omega_{M2} i_2 \eta_2}{2\pi}, \quad (31)$$

где  $b_c$  – ширина скребка;  $z$  – количество скребков находящихся в забое.

Для реализации эксперимента была составлена математическая модель рабочего процесса цепного траншейного экскаватора и проведен машинный эксперимент в среде *MATLAB* с пакетным расширением *Simulink*.

Анализ полученных теоретических значений параметров рабочего процесса с внедрением системы управления перераспределения мощности показал, снижение вредных веществ в отработавших газах: содержания оксида углерода снизилось в отработавших газах на 12%; содержания оксидов азота 14,5%; содержания углеводородов на 19%; содержания сажи на 8%.

В соответствии с рисунком 2 и рисунком 3 видно, что потребляемая мощность стремится к мощности, вырабатываемой двигателем в номинальном режиме, при этом производительность достигает своего максимального значения при заданных грунтовых условиях.

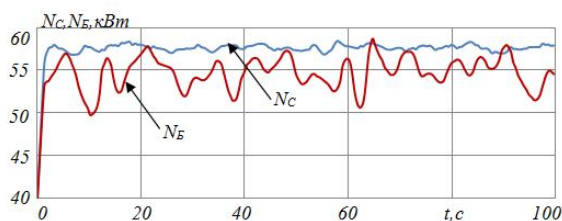


Рис. 2. Зависимость потребляемых мощностей цепным траншейным экскаватором оснащенным устройством управления  $N_c$  и не оснащенным  $N_Б$ .

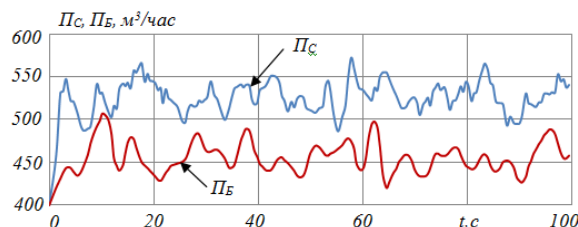


Рис. 3. Зависимость производительностей цепного траншейного экскаватора оснащенного устройством управления  $P_c$  и не оснащенного  $P_Б$ .

### Вывод

Оснащение модели ЭТЦ-1616 на базе трактора ОМТЗ-82 гидрообъемной трансмиссией с последующей автоматизацией системы управления гидрообъемной трансмиссией приведет к снижению количества вредных веществ, входящих в состав отработавших газов экскаватора и как следствие снижение влияния химического фактора на организм человека оператора.

### Библиографический список

1. Гуськова, Т. А. Токсикология лекарственных средств / Т.А. Гуськова. – М.: Рус. врач, 2003. – 154 с.
2. Плетенева, Т.В. Токсикологическая химия: учебник для вузов. – 2-е изд., испр. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2006. – 512 с.
3. Сухарев, Р.Ю., Суковин М.В. Система автоматизации проектирования устройства управления гидрообъемной трансмиссией цепного траншейного экскаватора. Монография: электронный ресурс / Омск, 2014.
4. Суковин, М.В. Математическая модель рабочего процесса цепного траншейного экскаватора с гидрообъемной трансмиссией / М.В. Суковин, Р.Ю. Сухарев // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т. 5. № 12. – С. 21-26.
5. Денисов, В.П. Оптимизация тяговых режимов землеройно-транспортных машин: дис. ... докт. техн. наук / В.П. Денисов. – Омск: СибАДИ, 2006. – 261 с.
6. Галдин, Н.С. Гидравлические машины и объемный гидропривод: уч. пособие / Н.С. Галдин. – Омск: СибАДИ, 2007. – 257 с.
7. Зедгенизов, В.Г. Теоретические основы создания машин для прокладки гибких подземных коммуникаций: дис. ... д-ра. техн. наук / В.Г. Зедгенизов. – Иркутск: ИрГТУ, 2004. – 232 с.
8. Баловнев, В.И. Повышение производительности машин для земляных работ: производств издание / В.И. Баловнев, Л.А. Хмара. – М.: Транспорт, 1992. – 136 с.
9. Домбровский, Н.Г. Землеройно-транспортные машины / Н.Г. Домбровский, М.И. Гальперин. – М.: Машиностроение, 1965. – 276 с.
10. Кузин, Э.Н. Повышение эффективности землеройных машин непрерывного действия на основе увеличения точности позиционирования рабочего органа: дис. ... д-ра. техн. наук / Э.Н. Кузин. – М.: ВНИИСДМ, 1984. – 443 с.
11. Недорезов, И.А. Моделирование взаимодействия скребкового рабочего органа цепного траншейного экскаватора с грунтом / И.А. Недорезов, В.Г. Зедгенизов, А.Н. Стрельников, С.А. Гусев. // Строительные и дорожные машины. – 2002. – №12. – С. 24 – 26.
12. Галдин, Н.С. Элементы объемных гидроприводов мобильных машин. Справочные материалы: уч. пособие / Н.С. Галдин. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2005. – 127 с.

**USE OF ADAPTIVE SYSTEM OF REDISTRIBUTION ENGINE CAPACITIES ON PURPOSE DECREASE IN THE HARMFUL IMPACTS OF TOXIC SUBSTANCES ON THE HUMAN BODY**

D.S. Aleshkov, M.V. Sukovin, V.V. Stolyarov

**Abstract.** The article is devoted to the problem of reducing the harmful effects of toxic substances on the human body in the work of the chain trench excavator. Typical load variation on the shaft of the diesel internal combustion engine during the working process associated with changes of soil conditions leads to increased content in the exhaust gases of carbon monoxide, nitrogen oxides, soot. The article describes a method that allows the engine to operate at rated speed. By fixing the nominal mode, optimal redistribution of engine power between the working body and the mover, it is possible to achieve maximum combustion of the fuel, resulting in reduction of harmful gases.

**Keywords:** exhaust gases, diesel engine, road building machinery, carbon monoxide, hydrocarbons, nitrogen oxides, soot.

**References**

1. Gus'kova T.A. *Toksikologija lekarstvennyh sredstv* [Toxicology of medicines]. Moscow, Rus. vrach, 2003. 154 p.
2. Pleteneva T.V. *Toksikologicheskaja himija: uchebnik dlja vuzov* [Modeling of interaction of the scraper worker of body of the chain trench excavator with soil]. Moscow, GJeOTAR – Media, 2006. 512 p.
3. Suharev R.Ju., Sukovin M.V. *Sistema avtomatizacii proektirovanija ustrojstva upravlenija gidroobemnoj transmissiej cepnogo transhejnogo jekskavatora* [System of automation of design of a control unit hydrovolume transmission of the chain trench excavator]. Omsk, 2014.
4. Sukovin M.V., Suharev R.Ju. *Matematicheskaja model' rabocheho processa cepnogo transhejnogo jekskavatora s gidroobemnoj transmissiej* [Mathematical model of working process of the chain trench excavator with hydrovolume transmission]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta, 2009, T. 5. no 12. pp. 21-26.
5. Denisov V.P. *Optimizacija t'jagovyh rezhimov zemlerojno-transportnyh mashin: dis. dokt. tehn. nauk* [Optimization of the traction modes of digging transport vehicles: dis. doctor technical sciences]. Omsk: SibADI, 2006. 261 p.
6. Galdin N.S. *Gidravlicheskie mashiny i ob'emnyj gidroprivod: uch. posobie* [Hydraulic machines and volume hydraulic actuator]. Omsk: SibADI, 2007. 257 p.
7. Zedgenizov V.G. *Teoreticheskie osnovy sozdanija mashin dlja prokladki gibkih podzemnyh kommuikacij: dis. d-ra. tehn. nauk* [Theoretical bases of creation of cars for laying of flexible underground kommuikation: dis. doctor technical sciences]. Irkutsk: IrGTU, 2004. 232 p.

8. Balovnev V.I., Hmara L.A. *Povyshenie proizvoditel'nosti mashin dlja zemljanyh rabot: proizvodstv. izdanie* [Increase of productivity of cars for earthwork: productions edition]. Moscow, Transport, 1992. 136 p.

9. Dombrovskij N.G., Gal'perin M.I. *Zemlerojno-transportnye mashiny* [Digging transport vehicles]. Moscow, Mashinostroenie, 1965. 276 p.

10. Kuzin Je.N. *Povyshenie jeffektivnosti zemlerojnyh mashin nepreryvnogo dejstvija na osnove uvelichenija tochnosti pozicionirovanija rabocheho organa: dis. d-ra. tehn. nauk* [Increase of efficiency of digging cars of continuous action on the basis of increase in accuracy of positioning of working body dis. doctor technical sciences]. Moscow, VNIISDM, 1984. 443 p.

11. Nedorezov I.A., Zedgenizov V.G., Strel'nikov A.N., Gusev S.A. *Modelirovanie vzaimodejstvija skrebkovogo rabocheho organa cepnogo transhejnogo jekskavatora s gruntom* [Modeling of interaction of the scraper worker of body of the chain trench excavator with soil]. Stroitel'nye i dorozhnye mashiny, 2002, no 12. pp. 24 – 26.

12. Galdin N.S. *Jelementy obemnyh gidroprivodov mobil'nyh mashin. Spravochnye materialy: uch. posobie* [Elements of volume hydraulic actuators of mobile cars. Reference materials]. Omsk: IZD-vo SibADI, 2005. 127 p.

Алешков Денис Сергеевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: denisaleshkov@mail.ru).

Суковин Михаил Владимирович (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: sukovin\_8@mail.ru).

Столяров Владимир Владимирович (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры Техносферная безопасность ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: stolyrovbgd@mail.ru).

Denis S. Aleshkov (Russian Federation, Omsk) – candidate technical sciences, professor, Head of the Department Technosphere Safety, Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, e-mail: denisaleshkov@mail.ru).

Michael V. Sukovin (Russian Federation, Omsk) – candidate technical sciences, professor, Department of Technosphere Safety, Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, e-mail: sukovin\_8@mail.ru).

Vladimir V. Stolyrov (Russian Federation, Omsk) – candidate technical sciences, professor, department of Technosphere Safety, Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, e-mail: stolyrovbgd@mail.ru).

УДК 623.438.3

## ХАРАКТЕРИСТИКА УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА ПОДВЕСКИ СИДЕНЬЯ ВОЕННОЙ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ

С.В. Баглайчук, В.А. Нехаев, В.А. Николаев

Омский государственный университета путей сообщения (ОмГУПС), Россия, г. Омск.

**Аннотация.** На основании анализа существующих систем виброзащиты обоснована оптимальная характеристика упругого элемента, которой является тангенсоида. Данная характеристика обеспечивает прогрессивное возрастание жесткости при приближении к границам свободного хода виброзащищаемого объекта и позволяет исключить тем самым возникновение пробоя системы поддрессоривания объекта (виброизолятора). Данные зависимости позволяют подобрать систему виброзащиты способную улучшить подвеску сиденья механика-водителя военной гусеничной машины, тем самым защитит оператора от динамических воздействий.

**Ключевые слова:** военная гусеничная машина, воздействие, система виброзащиты, силовая характеристика, упругий элемент.

### Введение

Защиту экипажа от отрицательного действия механических колебаний обеспечивает подвеска ходовой части военной гусеничной машины (ВГМ). Большинство динамических воздействий в ВГМ воспринимается операторами через сиденья, поэтому важна индивидуальная защита каждого члена экипажа с помощью систем вторичного поддрессоривания с определенными упругими и демпфирующими характеристиками. При выполнении задач экипажем военной гусеничной машины на марше и в наступлении могут возникать удары днища корпуса о твердый грунт (камни, бугры и др.) вызывая непрерывные и импульсное воздействие длительностью 0,05 секунд и менее [1]. Действие их на оператора существенно уменьшается при установке упругого элемента, т.е. при наличии в конструкции подвески сиденья пластичного сдающего устройства, вступающего в работу при ускорениях выше предельно допустимых (порядка  $5g$ ). Также необходимо учитывать индивидуальные параметрические данные оператора и производить настройку системы поддрессоривания сиденья на заданную характеристику. При движении военной гусеничной машины подвеска сиденья должна гасить или смягчать механические колебания не только в вертикальном направлении, но также в продольной и поперечной плоскостях. В существующих подвесках сидений при посадке оператора упругие элементы деформируются на 45-50 % полного динамического хода. При этом аккумулируется энергия за счет сжатия упругих элементов. При обратном ходе корпуса машины после пробоя первичной подвески ВГМ оператор приобретает дополни-

тельную скорость, поэтому жесткость подвески сиденья должна возрастать в конце динамического хода [2,3]. Все это обуславливает выбор оптимальной характеристики упругого элемента подвески сиденья.

### Обоснование оптимальной характеристики упругого элемента.

Необходимо отметить, что реальные системы виброзащиты машин, приборов и человека-оператора, как правило, не линейны [4,5]. Нелинейность обусловлена изменением свойств упругого элемента виброзащитного устройства при увеличении его деформации и ограниченности свободного хода. Однако, если нелинейный упругий элемент часто можно рассматривать как линейный, параметры которого, при наличии возмущающего воздействия, имеющего случайный характер. Определяются методом статистической линеаризации, задача выбора величины свободного хода виброизолятора требует особого рассмотрения.

Действительно, если ограничители свободного хода упругого подвеса считать абсолютно жесткими, то можно привести примеры, когда дисперсия виброперегрузки защищаемого объекта будет равна бесконечности при любой отличной от нуля интенсивности вибрации, что не имеет места в линейных системах виброзащиты с ограниченной жесткостью и коэффициентом вязкого трения. Для примера рассмотрим простейшую систему виброзащиты, показанную на (рис 1), где  $x$  – смещение массы  $m$  относительно основания;  $x_1$  – абсолютное смещение основания;  $\Delta$  – свободный ход массы  $m$  в одну сторону от положения статического равновесия.

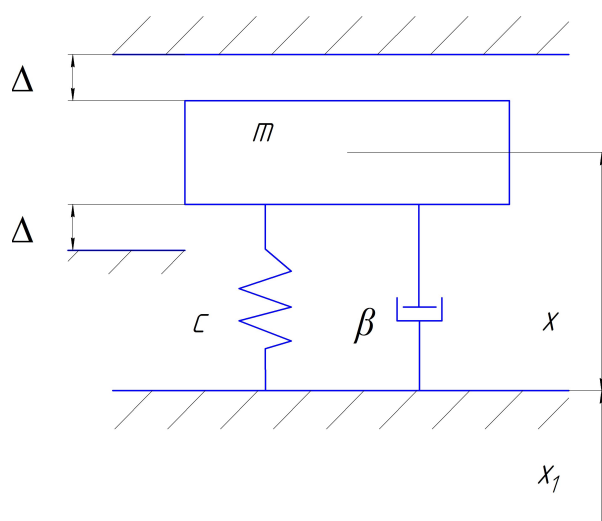


Рис. 1. Расчетная схема механической колебательной системы с ограничителями свободного хода

Полагаем, что пружина и гаситель колебаний линейные, имеют жесткость \$C\$ и коэффициент вязкого сопротивления \$\beta\$, а ограничители абсолютно жесткие. Эту систему получим предельным переходом из следующей системы. Характеристика пружины \$f(x)\$ состоит из двух участков (рис. 2) и имеет излом при \$|x| = \Delta\$.

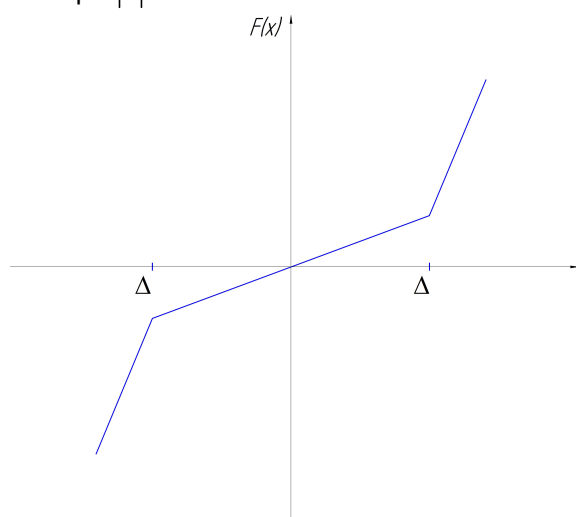


Рис. 2. Билинейная силовая характеристика виброзащитного устройства

Аналитически такую характеристику можно описать следующим образом:

$$F = f(x) = c(x); \quad \text{при } |x| \leq \Delta, \quad (1)$$

$$F = f(x) = cx + c_1(x - \Delta \operatorname{sig} x); \quad \text{при } |x| > \Delta.$$

Систему с жесткими ограничителями получим, как предельный случай при \$c \rightarrow \infty\$.

Уравнение движения такой системы имеет вид

$$\ddot{x} + \frac{\beta}{m} \dot{x} + \frac{1}{m} f(x) = -\ddot{x}_1. \quad (2)$$

Вибрационное ускорение основания полагаем гауссовским стационарным случайным процессом типа белого шума со спектральной

плотностью \$S\left(\omega = \frac{q}{\pi}\right)\$ или интенсивностью

\$2q\$. Обозначив \$W(u, x)\$ – плотность совместного распределения \$u = \dot{x}\$ и \$X\$, запишем уравнение Фоккера-Планка-Колмагорова для уравнения (2) [6,7]:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{f(x)}{m} \cdot \frac{\partial W}{\partial u} - u \frac{\partial W}{\partial x} + \frac{\beta}{m} u \frac{\partial W}{\partial u} + \frac{\beta}{m} W + q \frac{\partial^2 W}{\partial u^2}. \quad (3)$$

При стационарном распределении (исследуем только этот случай) \$\frac{\partial W}{\partial t} = 0\$ и плотность \$W(x, u)\$, удовлетворяющая уравнению

(3) и условию \$\lim\_{u, x \rightarrow \infty} W(x, u) = 0\$, имеет следующий вид:

$$W(u, x) = \lambda \exp\left(-\frac{\beta u^2}{qm^2}\right) \exp\left(-\frac{\beta}{qm^2} \int_0^x f(\tau) d\tau\right); \quad (4)$$

$$W(x) = \lambda_x \exp\left(-\frac{\beta}{qm^2} \int_0^x f(\tau) d\tau\right); \quad (5)$$

$$W(u) = \lambda_u \exp\left(-\frac{\beta u^2}{qm^2}\right). \quad (6)$$

Здесь \$\lambda, \lambda\_x, \lambda\_u\$ – нормирующие константы такие, что

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} W(x, u) du dx = 1,$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} W(x) dx \geq 1, \quad \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} W(u) du = 1. \quad (7)$$

Ускорение защищаемого объекта можно рассматривать как результат воздействия двух сил: силы, вызванной относительным

смещением массы  $m$  (силы деформации пружины), и силы, развиваемой в демпфере (результат относительной скорости массы  $m$ ). Так как плотность  $W(u)$  не зависит от характеристики пружины  $f(x)$ , то для выяснения влияния ограничителей достаточно исследовать только плотность распределения силы, вызванной деформацией пружины.

По плотности распределения  $W(x)$  определим дисперсию силы  $F$ , приложенной к массе  $m$  в результате деформации пружины:

$$\frac{\beta}{qm^2} y \langle F^2 \rangle = \lambda_x \int_{-\infty}^{\infty} [f(x)]^2 \exp\left(-\frac{\beta}{qm^2} \int_0^x f(\tau) d\tau\right) dx. \quad (8)$$

В реальной конструкции тела абсолютно жесткие, при этом частота этих ударов низка, а сила во время удара ограничена [8]. Следовательно, в этом случае поведение системы мало отличается от поведения линейной системы без ограничителей. При большой интенсивности вибрации основания в результате повышения частоты ударов средняя сила, приложенная к массе, может значительно увеличиться.

Так как эти явления не могут быть аналитически описаны при идеализации упоров как абсолютно жестких тел, то целесообразно при постановке задач выбора свободного хода виброизолятора наложить ограничения на характеристику жесткости упругого элемента совместно с упорами, которые обеспечивали бы выполнение следующих требований: максимум относительного смещения защищаемого объекта не должен превосходить допустимую величину свободного хода и при достаточно малой интенсивности вибрации дисперсия  $\langle F^2 \rangle$  должна быть конечной и стремиться к нулю при  $q \rightarrow 0$ .

Очевидно, можно подобрать много характеристик, удовлетворяющих этим требованиям. Выбираем оптимальную в некотором смысле характеристику, а именно: характеристику, обеспечивающую минимум  $\langle F^2 \rangle$  при данных  $\Delta$ ,  $q$  и  $\beta$ . Введем обозначение

$$y = \int_0^x f(\tau) d\tau. \text{ Учитывая, что } X \text{ не может пре-}$$

восходить  $\Delta$ , соотношение (8) представим в виде

$$\langle F^2 \rangle = \left\{ \int_0^{\Delta} \exp\left(-\frac{\beta}{qm^2} y\right) dx \right\}^{-1} \int_0^{\Delta} \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 \exp\left[-\frac{\beta}{qm^2} y\right] dx. \quad (9)$$

Приравняв нулю вариацию функционала (9), получим дифференциальное уравнение для  $y$

$$\frac{d^2 y}{dx^2} - \frac{\beta}{2qm^2} \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = \langle F^2 \rangle \frac{\beta}{2qm^2}, \quad (10)$$

или

$$\frac{df(x)}{dx} - \frac{\beta}{2qm^2} [f(x)]^2 = \langle F^2 \rangle \frac{\beta}{2qm^2}. \quad (11)$$

Решение (11), удовлетворяющее условию  $f(0) = 0$ , имеет следующий вид:

$$f(x) = \sqrt{\langle F^2 \rangle} \operatorname{tg} \frac{\beta \sqrt{\langle F^2 \rangle}}{2qm^2} x. \quad (12)$$

Таким образом, оптимальной характеристикой упругого элемента является тангенсоида. Отметим, что близкими к ней характеристиками обладает упругий подвес, силовая характеристика которого является кубическим полиномом. Подставив (9) в (12) можно определить минимум  $\langle F^2 \rangle$ :

$$\langle F^2 \rangle = \left( \frac{\pi q m^2}{\beta \Delta} \right)^2. \quad (13)$$

### Заключение

Характеристика (12) обеспечивает прогрессивное возрастание жесткости при приближении к границам свободного хода виброзащищаемого объекта, и исключить тем самым возникновения пробоя системы поддресоривания объекта (виброизолятора). Требование ограничения вероятности выхода за допустимый уровень для относительных перемещений в виброизоляторах является очень важным.

Анализируя данные зависимости, возможно, подобрать систему виброзащиты позволяющую улучшить подвеску сиденья механика-водителя военной гусеничной машины, тем самым защитить оператора от динамических воздействий.

### Библиографический список

1. Васильев, В.В. Конструкция многоцелевых гусеничных машин. Теория и движения и динамика



многоцелевых гусеничных машин / В.В. Васильев, М.П. Поклад, О.А. Серяков. – Омск, 2013. – 436 с.

2. Васильченко, В.Ф. Военная автомобильная техника. Книга первая. Военные автомобили и гусеничные машины. Основы конструкции шасси / В.Ф. Васильченко. – Рязань, 2004. – 432 с.

3. Monroe shock absorber for trucks / Tyres and Access / - 2013. – 80 p

4. Виттенбург, Й. Динамика системы твердых тел / Й. Виттенбург. – М.: Мир, 2002. – 230 с.

5. Челомей, В.Н. Вибрации в технике. – Т. 6. Защита от вибрации и ударов / В.Н. Челомей. – М.: Машиностроение, 1981 – 456 с.

6. Ильин, В.А. Основы математического анализа / В.А. Ильин, Э.Г. Позняк. – М.: Наука, 1977. – 213 с.

7. Корн, Г. Справочник по математике (для научных работников) / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 2006. – 290 с.

8. Матвеев, Ю.П. Фоновое воздействие общей и локальной вибрации / Ю.П. Матвеев, В.Н. Потапов. – М.: Профиздат, 1987. – 76 с.

#### FEATURE OF THE SPRINGY ELEMENT OF THE LAVALIERE STAY-AT-HOME MILITARY CATERPILLAR MACHINE

S.V. Baglaychuk, V.A. Nehaev, V.A. Nikolaev

**Abstract.** On the grounds of analysis existing systems vibroprotection is motivated optimum feature of the springy element, which is tangent. Given feature provides progressive growth to acerbity when approximation to border of the free move vibroprotection object and allows to exclude hereunder origin breakdown systems of under spring object (vibroinsulator). The Data to dependencies allow to select the system vibroprotection capable to perfect the lavalierе a stay-at-home mechanics-driver of the military caterpillar machine, hereunder protect the operator from dynamic influence.

**Keywords:** military caterpillar machine, influence, system vibroprotection, power feature, springy element.

#### References

1. Vasil'ev V.V., Poklad M.P., Serjakov O.A. *Konstrukcija mnogocelevyh gusenichnyh mashin. Teorija i dvizhenija i dinamika mnogocelevyh gusenichnyh mashin* [The Design of the multi-objective caterpillar machines. The Theory and motion and track record of the multi-objective caterpillar machines]. Омск, 2013. 436 p.

2. Vasil'chenkov V.F. *Voennaja avtomobil'naja tehnika. Kniga pervaja. Voennye avtomobili i gusenichnye mashiny. Osnovy konstrukcii shassi* [The Military car technology. The Book first. The Military cars and caterpillar machines. The Bases to designs carriage]. Rjazan', 2004. 432 p.

3. Monroe shock absorber for trucks / Tyres and Access /2013. 80 p.

4. Vittenburg J. *Dinamika sistemy tverdyh tel* [Track record of the system hard te]. Moscow, Mir, 2002. 230 p.

5. Chelomej V.N. *Vibracii v tehnike* [The Vibrations in tehnike]. Moscow, Mashinostroenie, 1981 456 p.

6. Il'in V.A., *Poznyak Je.G. Osnovy matematicheskogo anali-za* [The Bases of the mathematical analysis]. Moscow, Nauka, 1977. 213 p.

7. Korn G., Korn T. *Spravochnik po matematike (dlja na-uchnyh rabotnikov)* [The Bases of the mathematical analysis]. Moscow, Nauka, 2006. 290 p.

8. Matveev Ju.P., Potapov V.N. *Fonovoe vozdejstvie obshhej i lokal'noj vibracii* [Background influence general and local vibracii]. Moscow, Profizdat, 1987. 76 p.

*Баглайчук Сергей Владимирович (Россия, г. Омск) – аспирант Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС); начальник учебной лаборатории кафедры «Боевых гусеничных, колесных машин и военных автомобилей» Омского автобронетанкового инженерного института (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35. e-mail: memfis00@rambler.ru).*

*Нехаев Виктор Алексеевич (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор; профессор кафедры теоретической механики Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС). (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35. e-mail: NehaevVA@rambler.ru).*

*Николаев Виктор Александрович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры теоретической механики, Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС). (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35. e-mail: Nikolaev1949@rambler.ru).*

*Baglaychuk Sergey Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – postgraduate student of Omsk state transport university, head of educational laboratory of the department "Military tracked and wheeled machines" of Omsk tank engineering institute (644046, Omsk, Marks Ave., 35. e-mail: memfis00@rambler.ru).*

*Nehaev Victor A. (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor; professor of the Department of Theoretical Mechanics of the Omsk state transport university (644046, Omsk, pr. Marx, 35. e-mail: NehaevVA@rambler.ru).*

*Viktor Nikolaev (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor, Department of Theoretical Mechanics, Omsk State Transport University. (644046, Omsk, pr. Marx, 35. e-mail: Nikolaev1949@rambler.ru).*

УДК 621.87:681.5

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОСТОВЫХ КРАНОВ

Н.С. Галдин, О.В. Абдулаева, С.В. Ерёмина  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** Техничко-экономическое обоснование новой техники осуществляется путем сравнения ее показателей и характеристик с аналогичными достижениями в мировой и отечественной практике. Важное значение для повышения эффективности работы мостового крана имеет совершенствование существующих механизмов кранов, внедрение новых, более прогрессивных конструктивных решений. Приведены формулы для определения затрат на проектирование новой техники, себестоимости, годовой производительности новой (модернизируемой) машины.

**Ключевые слова:** эффективность, проектирование, мостовой кран, механизмы, устройства, затраты, себестоимость.

### Введение

На всех стадиях проектирования новой техники, мостовых кранов в частности, проводится технико-экономическое обоснование новой техники, то есть анализ её научно-технического и технико-экономического уровня, новизны и патентоспособности разработки, определения эффективности и областей эффективного применения.

### Определение затрат на проектирование новой техники

Оценка научно-технического уровня новой техники осуществляется путем сравнения ее показателей и характеристик с аналогичными достижениями в мировой и отечественной практике. Для этой цели весьма важен выбор образцов-аналогов данного изделия, в сравнении с которыми осуществляется оценка научно-технического уровня. Они должны отражать новейшие достижения в конкретной области техники, прогрессивные тенденции ее развития [1,2,3]. Но зачастую новые разработки находятся еще на стадии освоения и недоступны для других разработчиков. Информация же о поступившей на рынок новой технике носит рекламный характер.

Для объективного анализа научно-технического уровня необходимо использовать прогнозы развития отраслей-потребителей, отдельных направлений техники, экспериментальные данные о действительном уровне конкурирующих разработок.

Мостовой кран является динамической системой, которая представляет собой совокупность различных подсистем, состояние которых изменяется во времени под воздействием различных возмущений. Важное значение для повышения эффективности работы механизмов кранов имеет совершенствование существующих устройств (электродвига-

теля, редуктора, тормоза и др.), внедрение новых, более прогрессивных конструктивных решений, использование различных видов приводов (в том числе и гидравлического), улучшение технических характеристик устройств механизмов [4-6].

При проектировании механизмов мостовых кранов широко применяют такие разработанные унифицированные конструктивные устройства, как электродвигатели, редукторы, тормоза, ходовые колеса, крюковые подвески и другие, позволяющие создавать из этих комплектующих устройств механизмы с требуемыми характеристиками.

При проектировании, выборе конструктивно-компоновочной схемы мостового крана, его механизмов передвижения и подъема груза широко используются унифицированные комплектующие устройства, изделия и агрегаты, обладающие взаимозаменяемостью. Унификация комплектующих конструктивных устройств механизмов передвижения и подъема груза сокращает сроки и стоимость проектирования, изготовления крана, упрощает обслуживание и ремонт.

Государственным стандартом устанавливаются следующие стадии разработки новой техники [7]: техническое задание; техническое предложение; эскизное проектирование; техническое проектирование; разработка рабочей документации опытного образца.

Существует несколько методик определения затрат на проектирование новой техники [1,2,3]. Укрупненно затраты на проектирование новой техники (мостового крана в частности) можно рассчитать по формуле [2]:

$$Z_{np} = T_1 + T_2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m N_{ij} \cdot T_{ij} \cdot \gamma, \quad (1)$$

где  $Z_{пр}$  – затраты на проектирование новой техники;  $T_1$  – затраты на разработку технического задания;  $T_2$  – затраты на разработку технического предложения;  $T_{ij}$  – нормированная трудоёмкость  $j$  – го вида работ при разработке проектно-конструкторской документации, приходящейся на  $i$ -ое наименование деталей (узлов), входящих в проектируемое устройство (кран);  $N_{ij}$  – количество листов чертежей (текстовой документации, схем) определенного формата  $i$  – ой детали при  $j$  – ом виде работ;  $j = 1...m$  – виды проектно-конструкторских, расчетных работ при разработке документации на новую технику;  $i=1...n$  – количество деталей;  $\gamma$  – средняя стоимость трудоёмкости проектно-конструкторских, расчетных работ.

Трудозатраты на разработку технического задания, технического предложения, эскизного, технического проектов, рабочей документации мостового крана зависят от конструктивной сложности и новизны проектируемого мостового крана. Цель технико-экономических обоснований при проектировании новой техники (мостового крана) – выбор наиболее эффективного варианта новой конструкции. На стадии конструирования новой техники определяется ряд экономических показателей, в первую очередь таких, как себестоимость и цена новой (модернизируемой) машины. В процессе разработки новой конструкции осуществляется оптимизация основных технико-экономических показателей, в том числе надежности, долговечности, производительности машины, габаритов и массы новой техники, удельных расходов энергоресурсов и т.п. Именно они служат в дальнейшем базой для расчета экономического эффекта и эффективности новой техники.

Для сопоставления вариантов конструкторских решений новой техники на стадиях НИР, опытно-конструкторских работ применяется метод сравнительной эффективности, в котором оценка осуществляется по разности текущих и разности капитальных затрат [1]. Сравнимые варианты новой и базисной техники (мостового крана) должны быть приведены в сопоставимый вид по области применения новой техники; объему производства работ, производимых с применением новой техники; качественным параметрам мостового крана, включая мощность, длину пролета крана, высоту подъема груза и т. п.; уровню применяемых цен.

В качестве основного метода оценки лучшего варианта из ряда проектных решений

экономическая наука предлагает оценку по минимуму приведенных затрат.

Величину приведенных затрат  $Z_i$  по  $i$ -му варианту определяют по формуле [2]:

$$Z_i = C_i + E_n K_i, \quad (2)$$

где  $C_i$  – себестоимость изготовления крана по  $i$ -му варианту, руб.;  $K_i$  – капитальные вложения по  $i$ -му варианту, руб.;  $E_n$  – нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений,  $E_n = 0,15$  для строительно-дорожных машин.

В нашей стране до 1991 года понятие “инвестиций” не использовалось, а применялся термин “капитальные вложения”. Капитальные вложения представляют собой денежное выражение инвестиций.

Эффективный вариант конструкции мостового крана определяется по минимальному уровню приведенных затрат, т.е. из выражения [2]:

$$(C_i + E_n K_i)_{min} < (C_i + E_n K_i)_{1,2,...,n}, \quad (3)$$

где  $(C_i + E_n K_i)_{min}$  – минимальный уровень приведенных затрат, оценивающих данное техническое решение.

Разность приведенных затрат для базисной (БТ) и  $i$ -го варианта новой техники (НТ) характеризует величину годового экономического эффекта и определяется выражением [1]:

$$\mathcal{E} = Z_{БТ} - Z_{НТi}, \quad (4)$$

где  $\mathcal{E}$  – годовой экономический эффект на одну машину новой техники, руб.;  $Z_{БТ}$  – годовые приведенные затраты БТ, руб.;  $Z_{НТi}$  – годовые приведенные затраты  $i$ -го варианта НТ, руб.

Или, с учетом годовой эксплуатационной производительности годовой экономический эффект определяется по формуле [1]:

$$\mathcal{E} = \Pi_{Г}(Z_{удБТ} - Z_{удНТ}), \quad (5)$$

где  $\Pi_{Г}$  – годовая эксплуатационная производительность мостового крана (т);  $Z_{удБТ}$ ,  $Z_{удНТ}$  – удельные приведенные затраты для БТ и НТ.

Обоснованный анализ эффективности и технического уровня конкретного проектируемого мостового крана не может быть осуществлен без установления взаимосвязи параметров проектируемого крана с показателями эффективности его функционирования [4-6].

Эту взаимосвязь устанавливает экономико-математическая модель, включающая ма-

тематическую модель рабочего процесса и экономическую часть, определяющую критерий эффективности.

При формировании показателя эффективности необходимо учитывать, что этот показатель должен обеспечивать выявление влияния на эффективность машины всего многообразия определяющих факторов, проектных параметров и условий эксплуатации, а также получение обоснованных рекомендаций для выбора оптимальных проектных параметров машины, совокупность которых определяет ее технико-экономическую эффективность.

Оценка эффективности машин производится при помощи критерия оптимальности. Наиболее общим и полным критерием эффективности для данного класса машин является критерий удельных приведенных затрат  $Z_{y\partial}$  [1].

Целевая функция в этом случае имеет вид:

$$Z_{y\partial} = Z/P_{\Gamma} \rightarrow \min, \quad (6)$$

где  $Z$  – годовые приведенные затраты, руб.;  $P_{\Gamma}$  – годовая эксплуатационная производительность мостового крана (т).

Годовая эксплуатационная производительность мостового крана определяется по формуле [8,9]:

$$P_{\Gamma} = \Pi \cdot T_{\phi}, \quad (7)$$

где  $\Pi$  – суточная производительность мостового крана, т/сутки;  $T_{\phi}$  – годовая фактическая загрузка мостового крана, сут.

Суточная (т/сут) производительность мостовых кранов определяется по формуле [8,9]:

$$\Pi = Q_{cp} n_u m / 1000, \quad (8)$$

где  $\Pi$  – суточная производительность мостового крана, т/сут;  $Q_{cp}$  – средняя масса

транспортируемого груза, кг;  $n_u$  – число подъемов, необходимых для выполнения транспортных операций, в смену;  $m$  – число рабочих смен.

Многообразие существующих конструктивных устройств механизмов передвижения и подъема груза вместе с накопленным опытом их применения позволяет выявить определенные закономерности и новые тенденции в методах и средствах их проектирования и выработать объективные рекомендации для выбора конструктивных параметров комплектующих устройств механизмов передвижения

и подъема груза, являющихся основой мостовых кранов [4-6].

Одним из основных параметров комплектующих конструктивных устройств механизмов передвижения и подъема груза является их масса. Масса комплектующих устройств учитывается при оценке технико-экономических показателей, выборе критериев оптимальности мостового крана [4].

Проведенный анализ статистических данных по комплектующим устройствам механизмов передвижения и подъема груза позволил выявить функциональные зависимости между следующими параметрами [6]:

Зависимость массы электродвигателей серий МТФ, МТН, МТКФ, МТКН от мощности электродвигателей выражается формулой [6]:

$$m_{\partial\partial} = 15,981N_{\partial\partial} - 2,3527, \quad (9)$$

где  $m_{\partial\partial}$  – масса электродвигателя, кг;  $N_{\partial\partial}$  – мощность электродвигателя, кВт,  $N_{\partial\partial} \in (1,4; 100)$ .

Уравнение регрессии зависимости массы редуктора от мощности редуктора (редукторы типа Ц2, ПВ 40%) [6]:

$$m_{pe\partial} = -0,0109N_{pe\partial}^2 + 4,9356N_{pe\partial} - 40,353, \quad (10)$$

где  $m_{pe\partial}$  – масса редуктора, кг;  $N_{pe\partial}$  – мощность редуктора, кВт;  $N_{pe\partial} \in (25; 194)$ .

На основании статистического анализа технических данных мостовых кранов установлены функциональные зависимости между их основными массо-габаритными характеристиками и получено уравнение регрессии в натуральных значениях факторов для определения массы крана [6]:

$$m_k = 2549,475 + 0,358Q + 555,083L + 0,0333QL, \quad (11)$$

где  $m_k$  – масса мостового крана, кг;  $Q$  – грузоподъемность крана, кг;  $L$  – длина пролета крана, м.

Зная массу мостового крана или его механизмов, себестоимость их изготовления на начальных этапах проектирования ориентировочно можно определять по формуле [1,2]:

$$C = m \cdot k_m, \quad (12)$$

где  $C$  – себестоимость изготовления устройства (крана, механизма крана), руб.;  $m$  – масса устройства, кг;  $k_m$  – удельный показатель стоимости устройства, руб/кг.

Пользуясь формулами (9) – (12), можно ориентировочно определить себестоимость изготовления проектируемого мостового крана и его основных устройств. Расчет годового экономического эффекта от применения новой техники (мостового крана) производится в следующем порядке [1,2,3]: определяется назначение и область применения мостового крана; определяется базисное техническое решение (БТ); собираются и систематизируются исходные данные, необходимые для выполнения расчета (данные по удельным показателям стоимости мостового крана и его устройств  $k_m$  и другие); определяется годовая эксплуатационная производительность для БТ и НТ; рассчитываются капитальные затраты; рассчитывается себестоимость изготовления НТ (текущие затраты и другие).

Выбор БТ зависит от назначения НТ, области ее применения, условий ее использования. Источниками информации при расчете экономического эффекта являются различные нормативные, методические и другие документы (нормы расхода материалов, карты технологических процессов, нормы обслуживания, нормы времени на разработку конструкторской документации, хронометражные данные, инструкции и пр.).

При определении капитальных вложений учитываются затраты, связанные с приобретением техники и доставкой ее потребителю. На практике нередко возникают трудности в расчетах экономического эффекта, что связано с ориентировочным характером некоторых исходных данных по БТ и НТ, поскольку некоторые параметры создаваемой техники еще неизвестны, кроме того возможны их изменения в будущем, что приведет к корректировке экономического эффекта [1].

#### Выводы

Цель технико-экономических обоснований при проектировании новой техники (мостового крана) – выбор наиболее эффективного варианта новой конструкции. Трудозатраты на разработку технического задания, технического предложения, эскизного, технического проектов, рабочей документации мостового крана зависят от конструктивной сложности и новизны проектируемого устройства. В качестве основного метода оценки лучшего варианта из ряда проектных решений предлагается оценка по минимуму приведенных затрат.

#### Библиографический список

1. Киевский, В.Г. Экономическая эффективность новой техники в строительстве / В.Г. Киевский. – М.: Стройиздат, 1991. – 143 с.

2. Расчёты экономической эффективности новой техники: Справочник/ Под общ. ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1990. – 448 с.

3. Экономика и организация производства в дипломных проектах: Учеб. пособие для машиностроительных вузов /Под общ. ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1986. – 285с.

4. Галдин, Н.С. Критерии эффективности основных механизмов мостовых кранов / Н.С. Галдин, С.В. Ерёмкина, О.В. Курбацкая // Вестник СибАДИ. – Омск: СибАДИ, 2014. – № 1 (35). – С. 7 – 11.

5. Галдин, Н.С. Особенности проектирования основных механизмов мостовых кранов / Н.С. Галдин, С.В. Ерёмкина, О.В. Курбацкая // Вестник СибАДИ. – Омск: СибАДИ, 2012. – № 5 (27). – С. 21 – 25.

6. Галдин Н.С. Компьютерное моделирование основных механизмов мостовых кранов / Н.С. Галдин, О.В. Курбацкая С.В. Ерёмкина // Вестник СибАДИ. – Омск: СибАДИ, 2015. – № 2 (42). – С. 68 – 75.

7. Курсовое проектирование грузоподъемных машин / С.А. Казак, В.Е. Дусье, Е.С.Кузнецов и др.: Под ред. С.А. Казака. – М.: Высш. школа, 1989. – 319 с.

8. Абрамович, И.И. Грузоподъемные краны промышленных предприятий: Справочник / И.И. Абрамович, В.Н. Березин, А.Г. Яуре. – М.: Машиностроение, 1989. – 360 с.

9. Ремизович, Ю.В. Транспортно-технологические машины / Ю.В. Ремизович. – Омск: СибАДИ, 2011. – 160 с.

#### THE TECHNICAL- ECONOMIC REPORT ON DESIGNING OF BRIDGE CRANES

N.S. Galdin, O.V. Abdulaeva, S.V. Eremina

**Abstract.** The technical- economic report on new technics is carried out by comparison of its indicators and characteristics with similar achievements in world and domestic practice. The great value for increase of overall performance of the bridge crane has perfection of existing mechanisms of cranes, introduction of new, more progressive constructive decisions. Formulas for definition of expenses for designing of new technics, the cost price, annual production rate of the new (modernised) machines are resulted.

**Keywords:** efficiency, designing, the bridge crane, mechanisms, devices, expenses, the cost price.

#### References

1. Kievskij V.G. *Jekonomicheskaja jeffektiv-nost' novoj tehniki v stroitel'stve* [Ekonomiceskaja effektivnost of the new technics in building]. Moscow, Strojizdat, 1991. 143 p.

2. *Raschjoty jekonomicheskoy jeffektivnosti no-voj tehniki: Spravochnik* [Calculations of economic efficiency of new technics: the Directory]. Pod obshh. red. K.M. Velikanova. L.: Mashinostroenie, 1990. 448 p.

3. *Jekonomika i organizacija proizvodstva v diplomnyh projektah: Ucheb. posobie dlja mashinostroitel'nyh vuzov* [Economy and the manufacture organisation in degree projects: The educational book for machine-building high school]. Pod obshh. red. K.M. Velikanova. L.: Mashinostroenie, 1986. 285 p.

4. Galdin N.S., Erjomina S.V., Kurbackaja O.V. Kriterii jeffektivnosti osnovnyh mehanizmov mostovyh kranov [Criteria of efficiency of the basic mechanisms of bridge cranes]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 1 (35). pp. 7 – 11.

5. Galdin N.S., Erjomina S.V., Kurbackaja O.V. Osobennosti proektirovaniya osnovnyh mehanizmov mostovyh kranov [Design features of the basic mechanisms of bridge cranes]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 5 (27). pp. 21 – 25.

6. Galdin N.S., Kurbackaja O.V., Erjomina S.V. Komp'yuternoe modelirovanie osnovnyh mehanizmov mostovyh kranov [Computer modelling of the basic mechanisms of bridge cranes]. *Vestnik SibADI*, 2015, no 2 (42). pp. 68 – 75.

7. *Kursovoe proektirovanie gruzopod'emnyh mashin* [Course design of load-lifting cars]. Moscow, Vyssh. shkola, 1989. 319 p.

8. Abramovich I.I., Berezin V.N., Jaure A.G. *Gruzopod'emnye krany promyshlennyh predpriyatij: Spravochnik* [Load-lifting cranes of the industrial enterprises: the Directory]. Moscow, Mashinostroenie, 1989. 360 p.

9. Remizovich, Ju.V. *Transportno-tehnologicheskie mashiny* [Transport technological machines]. Omsk: SibADI, 2011. 160 p.

*Галдин Николай Семенович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод» ФГБОУ ВПО «СибАДИ»*

(644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: galdin\_ns@sibadi.org).

*Абдулаева Ольга Владимировна (Россия, г. Омск) – инженер кафедры «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).*

*Ерёмина Светлана Владимировна (Россия, г. Омск) – инженер кафедры «Компьютерные информационные автоматизированные системы» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).*

*Galdin Nikolay Semenovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor, head of the department "Lifting, carrying and tractive machines and hydraulic circuit" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080 Russia, Omsk, 5 Mira st., e-mail: galdin\_ns@sibadi.org).*

*Abdulaeva Olga Vladimirovna (Russian Federation, Omsk) – engineer of the department "Lifting, carrying and tractive machines and hydraulic circuit" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, 5 Mira st.).*

*Eryomina Svetlana Vladimirovna (Russian Federation, Omsk) – engineer of the department «Computer information automated systems» of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, 5 Mira st.).*

УДК 621.879.48

### ОЦЕНКА ОТКЛОНЕНИЯ ДНА ТРАНШЕИ ОТ ПЛОСКОСТИ ПРИ КОПАНИИ РОТОРНЫМИ ЭКСКАВАТОРАМИ

А.И. Демиденко, А.З. Аглиуллин, А.Б. Летопольский, Д.С. Семкин  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** Предложены уравнения, описывающие поверхность дна траншеи при копании роторными экскаваторами. Показано, что поверхность дна траншеи для имеющихся роторных экскаваторов практически не отличаются от плоскости. Представлено уравнение, связывающее меру максимального отклонения поверхности дна траншеи от плоскости с конструктивными и технологическими параметрами роторного экскаватора. Показано, что предложенное уравнение не имеет аналитического решения, но после соответствующих преобразований приводится к номографируемой форме. Приводятся уравнения шкал номограммы.

**Ключевые слова:** дно траншеи, параметры роторного экскаватора, номограмма, уравнения.

#### Введение

До сих пор отсутствует четкая методика оценки отклонения дна траншеи от плоскости при копании роторными экскаваторами. Не исследовано влияние конструктивных и технологических параметров роторных экскаваторов на степень неровности дна траншеи. Параметры роторного экскаватора должны быть таковыми, чтобы степень неровности дна траншеи было минимальной.

#### Номограмма взаимосвязи неровности дна траншеи с параметрами роторного экскаватора

Если соединить режущие кромки ковшей с центром вращения ротора, то траектории режущих кромок двух соседних ковшей в системе безразмерных координат, принятых на рисунке 1, можно описать уравнениями [1], [2]:

$$x_1 = \cos \varphi_1 - k \cdot \varphi_1; \quad (1)$$

$$y_1 = \sin \varphi_1; \quad (2)$$

$$x_2 = \cos(\varphi_2 - \varphi_0) - k \cdot \varphi_2; \quad (3)$$

$$y_2 = \sin(\varphi_2 - \varphi_0), \quad (4)$$

где  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  - углы поворота режущих кромок соседних ковшей, отсчитанных с оси  $x$ ,  $\varphi_0$  - угол между отрезками  $O1$  и  $O2$ , соединяющими центр вращения ротора с режущими кромками ковшей;  $k$  - безразмерный коэффициент, равный отношению скорости движения базовой машины к относительной скорости вращения режущей кром-

ки. Безразмерный коэффициент  $k$  определяется по следующей зависимости

$$k = \frac{v}{\omega \cdot R}, \quad (5)$$

$v$  - скорость движения базовой машины, м/с;  $\omega$  - угловая скорость вращения ротора, рад/с;  $R$  - радиус вращения режущей кромки ковша, м.

Безразмерные координаты  $x_i$  и  $y_i$  определяются как отношение действительной координаты к радиусу вращения  $R$  режущей кромки ковша.

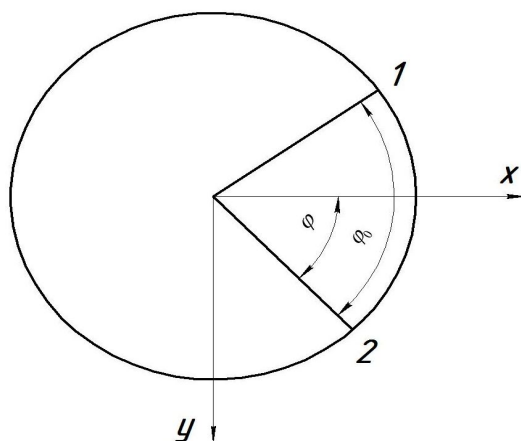


Рис. 1. Расчетная схема для вывода уравнений движения режущих кромок 1 и 2

На рисунке 2, а показаны траектории движения точек 1 и 2 за один полный оборот ротора, которые дважды пересекаются. На рисунке 2, б показан увеличенный фрагмент окрестности нижней точки пересечения.

Анализируя рисунок 2, б заключаем, что траектории движения режущих кромок двух соседних ковшей пересекаются в точке  $K$ , лежащей выше плоскости дна траншеи. Следовательно, поверхность дна траншеи в вышеуказанном месте представляет криволинейный треугольник  $MKN$ . Поверхность дна траншеи состоит из последовательно чередующихся треугольников  $MKN$ , напоминая пилообразную поверхность. Если высота этих треугольников ничтожно мала, то поверхность дна траншеи будет похожа на плоскость.

В точке пересечения линий 1 и 2 должны быть соблюдены равенства

$$y_1 = y_2; \quad (6)$$

$$x_1 = x_2. \quad (7)$$

Подставляя выражения (2), (4) в равенство (6) имеем

$$\sin(\varphi_2 - \varphi_0) = \sin \varphi_1. \quad (8)$$

Из последнего уравнения вытекает

$$2 \cdot \sin\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_0 - \varphi_1}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_0 + \varphi_1}{2}\right) = 0. \quad (9)$$

Откуда

$$\frac{\varphi_2 - \varphi_0 - \varphi_1}{2} = \pi \cdot n; \quad (10)$$

$$\frac{\varphi_2 - \varphi_0 + \varphi_1}{2} = \pm \frac{\pi}{2} + 2 \cdot \pi \cdot n. \quad (11)$$

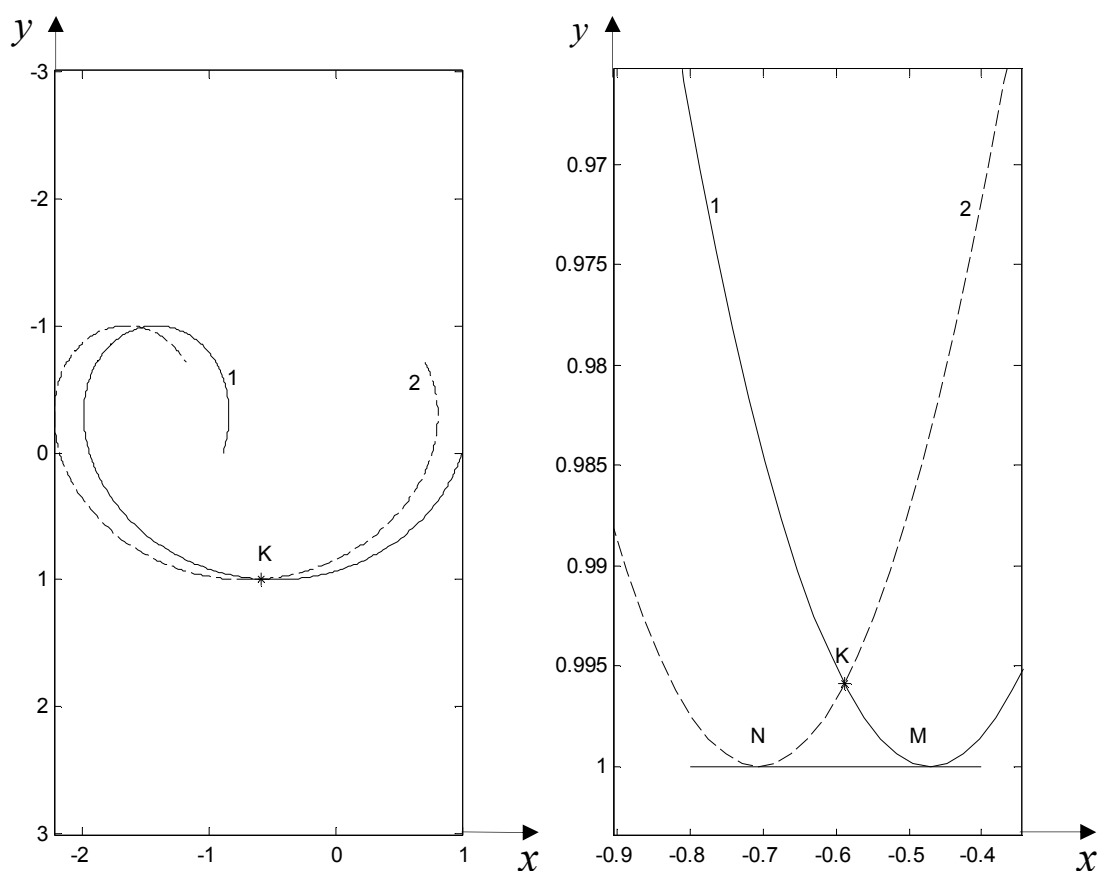


Рис. 2. Траектории режущих кромок соседних ковшей:  
а) за один оборот ротора; б) увеличенный фрагмент нижней окрестности нижней точки пересечения

Положим  $n=0$ , тогда имеем два решения уравнения (9)

$$\varphi_2 = \varphi_1 - \varphi_0; \quad (12)$$

$$\varphi_2 = \pm\pi - \varphi_1 + \varphi_0. \quad (13)$$

Подставим полученные выражения в уравнение (7) с учетом выражений (1) и (3). Подстановка выражения (12) дает решение, которое является некорректным

$$\varphi_0 = 0. \quad (14)$$

После подстановки выражения (13) находим два уравнения

$$2 \cdot \cos \varphi_1 - 2 \cdot k \cdot \varphi_1 + k \cdot (\varphi_0 - \pi) = 0; \quad (15)$$

$$2 \cdot \cos \varphi_1 - 2 \cdot k \cdot \varphi_1 + k \cdot (\varphi_0 + \pi) = 0. \quad (16)$$

Решению уравнения (15) соответствует верхняя точка пересечения кривых 1 и 2, (см. рис. 2), которая нас не интересует. Если бы удалось найти решение уравнения (16)

относительно угла  $\varphi_1$ , то оценить максимальное относительное отклонение профиля дна от плоскости можно по формуле

$$\delta = 1 - \sin \varphi_1. \quad (17)$$

Однако уравнение (16) относительно переменной  $\varphi_1$  не имеет аналитического решения. Можно предложить на основе зависимости (16) номографическое решение задачи. Для чего запишем уравнение (16) в виде

$$\frac{1}{k} - \frac{\varphi_1}{\cos \varphi_1} + \frac{\varphi_0 + \pi}{2 \cdot \cos \varphi_1} = 0. \quad (18)$$

Из выражения (17) находим очевидные соотношения

$$\sin \varphi_1 = 1 - \delta; \quad (19)$$

$$\cos \varphi_1 = -\sqrt{1 - (\delta)^2}; \quad (20)$$

$$\varphi_1 = \pi - \arcsin(1 - \delta). \quad (21)$$



Подставляя соотношения (19) - (21), а также учитывая что

$$\varphi_0 = \frac{2 \cdot \pi}{z}, \quad (22)$$

где  $z$  – количество ковшей. уравнение (18) принимает вид

$$\frac{1}{k} + \frac{\pi - \arcsin(1 - \delta)}{\sqrt{1 - (1 - \delta)^2}} - \frac{\pi + \frac{2 \cdot \pi}{z}}{2 \cdot \sqrt{1 - (1 - \delta)^2}} = 0. \quad (23)$$

Уравнение (23) представляет номографируемую форму

$$f_3 \cdot f_1 + f_2 \cdot g_1 + h_1 = 0. \quad (24)$$

$$f_1 = 1. \quad (25)$$

$$f_3 = \frac{1}{k}. \quad (26)$$

$$f_2 = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{z}. \quad (27)$$

$$g_1 = -\frac{1}{\sqrt{1 - (1 - \delta)^2}}. \quad (28)$$

$$h_1 = \frac{\pi - \arcsin(1 - \delta)}{\sqrt{1 - (1 - \delta)^2}}. \quad (29)$$

Уравнения шкал номограммы имеют вид [3], [4]

Шкала 3 (переменной  $k$ ):

$$x_3 = 0; \quad (30)$$

$$y_3 = m \cdot (f_3 - a). \quad (31)$$

Шкала 2 (переменной  $z$ ):

$$x_2 = H; \quad (32)$$

$$y_2 = n \cdot (f_2 - b). \quad (33)$$

Шкала 1(переменной  $\delta$ ):

$$x_1 = \frac{H \cdot m \cdot g_1}{n \cdot f_1 + m \cdot g_1}; \quad (34)$$

$$y_1 = \frac{-m \cdot n \cdot (a \cdot f_1 + b \cdot g_1 + h_1)}{n \cdot f_1 + m \cdot g_1}, \quad (35)$$

где  $m, n, a, b, H$  - постоянные параметры номограммы, определяющие ее размеры.

На рисунке 3 показана номограмма, определяющая зависимость относительной погрешности профиля дна траншеи от числа ковшей роторного экскаватора и безразмерного коэффициента  $k$ .

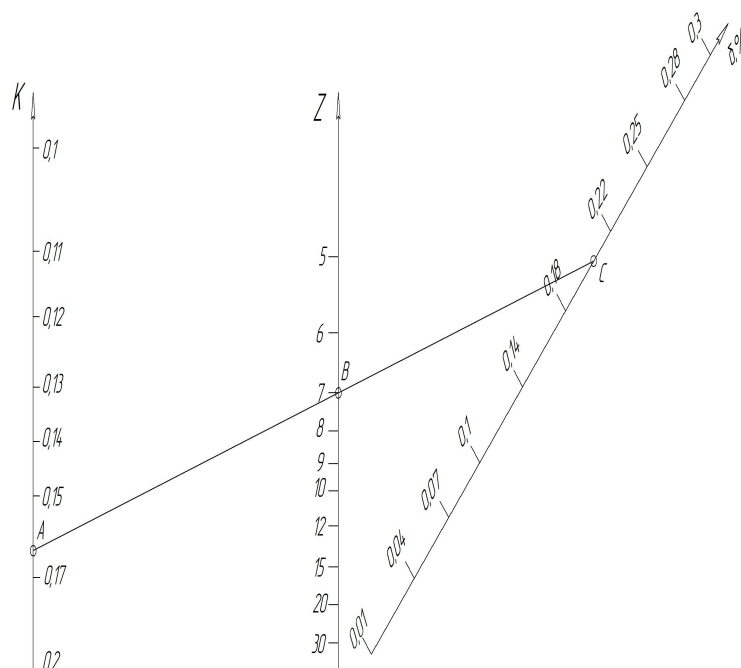


Рис. 3. Номограмма зависимости относительной погрешности профиля дна траншеи от числа ковшей роторного экскаватора и безразмерного коэффициента  $k$

Порядок пользования номограммой следующий. На шкалах  $k$  и  $z$  помечаем точки  $A$  и  $B$ , соответствующие этим переменным, соединяем их прямой линией и продолжаем ее до пересечения со шкалой  $\delta$ . Координата полученной точки  $3$  даст искомое значения  $\delta$ .

Из [5] находим, что значение коэффициента  $k$  для существующих роторных экскаваторов меняется в диапазоне 0.0001- 0.07, что не соответствует диапазону изменения  $k$  в номограмме на рисунке 3.

Можно конечно перестроить номограмму с требуемым диапазоном изменения переменной  $k$ . Однако в этом нет необходимости. Как показывают исследования, при  $k < 0.1$  уравнение (16) относительно переменной  $\varphi_1$  имеет приближенное аналитическое решение. Для этого решение уравнения (16) представим в виде ряда по малому параметру  $k$  [6]

$$\varphi_1 = \varphi_1(0) + \frac{d\varphi_1}{dk} \cdot k. \quad (36)$$

Полагая в уравнении (16)  $k=0$  находим

$$\varphi_1(0) = \frac{\pi}{2}, \quad (37)$$

где  $\varphi_1(0)$ ,  $\frac{d\varphi_1}{dk}$  - значения функции  $\varphi_1(k)$  и ее первой производной при  $k=0$ .

По правилу дифференцирования неявно заданной функции [1]

$$\frac{d\varphi_1}{dk} = - \frac{\frac{\partial F}{\partial k}}{\frac{\partial F}{\partial \varphi_1}}, \quad (38)$$

где  $F$  - функция, определяемая левой частью уравнения (16).

Вычисляя частные производные этой функции и полагая в них  $\varphi_1 = \frac{\pi}{2}$  и  $k=0$  из выражения (38) находим

$$\frac{d\varphi_1}{dk} = \frac{\varphi_0}{2}. \quad (39)$$

С учетом выражений (37), (39) и (22) решение (36) принимает вид

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi \cdot k}{z}. \quad (40)$$

Максимальное относительное отклонение профиля дна от плоскости определяем по формуле (17)

$$\delta = 2 \cdot \sin^2\left(\frac{\pi \cdot k}{z}\right). \quad (41)$$

Тогда максимальное отклонение профиля дна от плоскости составит

$$\Delta = R \cdot \delta = 2 \cdot R \cdot \sin^2\left(\frac{\pi \cdot k}{z}\right). \quad (42)$$

Расчет по формуле (42) для существующих роторных экскаваторов [5], [6] показывает, что  $\Delta < 0.7$  мм.

### Выводы

1. Максимальное отклонение профиля дна траншеи от плоскости при копании современными роторными экскаваторами величина незначительная.

2. При проектировании новых роторных экскаваторов необходима проверка меры отклонения профиля дна траншеи от плоскости при  $k < 0.1$  по формуле (42), в противном случае по номограмме, представленной на рисунке 3.

### Библиографический список

1. Бронштейн, И.С. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.С. Бронштейн, К.А. Семендяев. – 13-е изд., исправленное. – М.: Наука, Гл ред. физ.-мат. лит., 1986. – 544 с.
2. Выгодский, М.Я. Справочник по высшей математике / М.Я. Выгодский. – 4-е изд., – М, 2001. – 864 с.
3. Номография и ее возможности / Г.С. Хованский. – Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «наука», М.: 1977. – 128 с.
4. Основы номографии / Г.С. Хованский. – Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука». – М.: 1976. – 351 с.
5. Добронравов, С.С. Строительные машины и оборудование: Справочник / С.С. Добронравов, М.С. Добронравов, 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006. – 445 с.: ил.
6. Землеройные и подъемно-транспортные машины (Справочное пособие). Изд. 2-е, переработанное и доп. Трофимов А.П.. Киев, «Будивильник», 1978. – 368 с.

### EVALUATION OF DEVIATION FROM THE PLANE OF THE BOTTOM OF THE TRENCH DIGGING ROTARY EXCAVATOR

A.I. Demidenko, A.Z. Agliullin,  
A.B. Letopolsky, D.S. Semkin

**Abstract.** The equations that describe the surface of the bottom of the trench digging rotary excavators. It is shown that the bottom surface of the trench to existing rotary excavators practically do not differ from the plane. Presented equation relating the measure of the maximum deviation of the bottom surface of the trench from the plane to the design and technological parameters of bucket wheel excavator. It is shown that the proposed equation has an analytical solution, but after appropriate transformation to nomogramability form. The equations nomogram scales.

**Keywords:** trench bottom, parameters of the rotor excavator, nomogram, equations.

#### References

1. Bronshtein S.S., Semendiyev K.A. *Spravochnik po matematike dly inzhenerov i uchashihsy vtuzov* [Handbook of mathematics for engineers and students of technical colleges]. Moscow, Nauka, 1986, 544 p.
2. Vigodskiy M.I. *Spravochnik po vishej matematike* [Handbook of higher mathematics]. 14-e izd., Moscow, 2001. 864 p.
3. *Nomografii i eyo vozmozhnosti* [Nomography and its capabilities]. G.S. Hovansky. Home edition of physical and mathematical literature «Nauka», Moscow, 1977. 128 p.
4. *Osnovy nomografii* [Basics nomography]. G.S. Hovansky. Home edition of physical and mathematical literature «Nauka», Moscow, 1976. 368 p.
5. Dobronravov S.S. *Stroitelnie mashiny i oborudovanie* [Construction machinery and equipment]: Handbook. S.S. Dobronravov, M.S. Dobronravov, second edition. Moscow, Vishay shkola, 2006. – 445 p.
6. Trofimov A.P. *Zemleroinie i podjemno-transportnie mashiny* [Digging and lifting-transporting

machines]: Reference guide, second edition, Kiev, «Bydivelnyk», 1978, 368 p.

*Демиденко Анатолий Иванович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «ТНКИ» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).*

*Аглиуллин Абрик Зайнулович (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры «ТНКИ» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).*

*Летопольский Антон Борисович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «ТНКИ», ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).*

*Семкин Дмитрий Сергеевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).*

*Demidenko Anatoly Ivanovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, professor, The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).*

*Agliullin Abrik Zaynulovich (Russian Federation, Omsk) – senior teacher The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5).*

*Letopolsky Anton Borisovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).*

*Semkin Dmitry Sergeevich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).*

УДК 621.432

### ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ПУСКА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

А.Г. Маркин, Б.В. Журавский, А.П. Жигадло  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В статье анализируются причины затрудненного пуска автомобильных ДВС в условия низких отрицательных температур. Показано, что определяющее влияние на энергетические возможности системы пуска оказывает значение внутреннего сопротивления АКБ. Говориться о том, что одной из основных причин повышенного внутреннего сопротивления АКБ при эксплуатации автомобиля является её низкая степень заряженности. Рассмотрено влияние режимов эксплуатации автомобиля на степень заряженности АКБ. Приведено описание принципов работы предлагаемой интеллектуальной системы энергообеспечения автомобиля.

**Ключевые слова:** пуск автомобильного двигателя, стартерная аккумуляторная батарея, баланс электроэнергии, электростартер, автомобильный электрогенератор, потребитель электроэнергии, электрические цепи, электронная система управления.

**Введение**

Проблема повышения безопасности и эффективности зимней эксплуатации транспортных машин в условиях низких температур является весьма актуальной не только для Российской Федерации, но и стран Скандинавии, Канады, северных штатов США и других стран с холодной зимой. Основной проблемой, с которой сталкиваются эксплуатационники автотракторной техники при низких отрицательных температурах, является обеспечение надёжного пуска холодного двигателя.

**Проблема энергетического обеспечения пуска автомобильного двигателя**

Создание необходимых условий для успешного пуска двигателей зависит от ряда конструктивных и эксплуатационных факторов. К ним относятся: степень сжатия; степень износа; число оборотов и продолжительность провёртывания коленчатого вала, определяемые вязкостью моторного масла, мощностью стартера, ёмкостью и состоянием аккумуляторных батарей, длиной и сечением стартерного кабеля; свойства топлива и качество его распыливания; применение вспомогательных средств, облегчающих пуск, и т. п. [1,2]. Территория РФ условно делится на следующие интересующие нас климатические зоны: арктическую с преобладанием температур зимой ниже  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , субарктическую с преобладанием температур до  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$  и умеренную с температурой до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Отказы пуска холодного ДВС при температурах ниже  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  легко объяснимы. При понижении температуры окружающего воздуха создание условий, необходимых для пуска двигателя, затрудняется. Основные трудности при этом сводятся к следующему: вследствие повышения вязкости моторного масла и увеличения в связи с этим момента сопротивления провёртыванию коленчатого вала, уменьшения мощности системы пуска снижается частота вращения коленчатого вала двигателя. В результате снижения частоты вращения коленчатого вала повышается теплоотдача в стенки цилиндра, увеличиваются утечки воздуха при сжатии, уменьшается давление конца сжатия, ухудшается процесс смесеобразования, так же процессы смесеобразования ухудшаются в результате пониженной температуры топлива [1,2].

Однако, как показывает опыт эксплуатации, отказы пуска автомобильных ДВС до-

вольно часто наблюдаются и в условиях зимы в умеренной климатической зоне при температурах  $-20\text{..}-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  и даже летом. И это наблюдается когда все системы автомобиля находятся в технически исправном состоянии.

В литературе [3,4,5] описано влияние температуры, степени заряженности АКБ на величину внутреннего сопротивления. В частности на рис.1 показано семейство зависимостей внутреннего сопротивления автомобильной АКБ  $\gamma$  относительно  $\gamma_{30}$ , где  $\gamma_{30}$  – внутренне сопротивление полностью заряженного АКБ при температуре электролита  $\theta = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , от температуры электролита для различной степени заряженности. Под степенью заряженности -  $k$  мы приняли отношение фактически запасенной энергии в АКБ -  $W$  к её номинальному значению –  $W_n$  ( $k = W/W_n$ ).

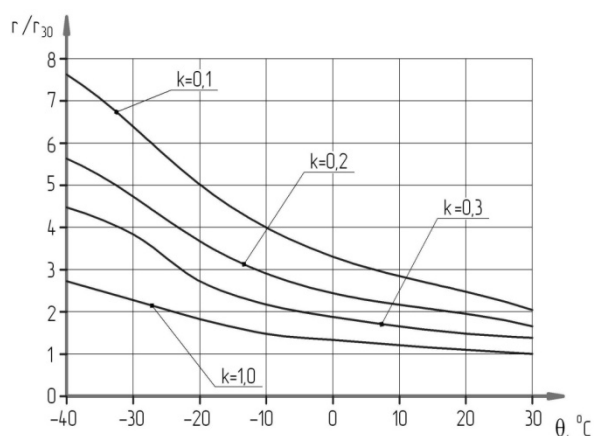


Рис. 1 Семейство зависимостей внутреннего сопротивления АКБ в относительных единицах от температуры электролита для различной степени заряженности АКБ

Данные зависимости применимы для автомобильной АКБ любой ёмкости, ввиду идентичности физико-химических процессов, достаточно знать реальное значение  $\gamma_{30}$ . Стоит отметить, что в диапазоне положительных температур при заряженности АКБ  $k = 1.0$  внутреннее сопротивление практически не меняется. Для АКБ с объявленной заводом-изготовителем ёмкостью  $C_{20} = 60\text{Ah}$   $\gamma_{30}$  приблизительно равно  $10\text{ мОм}$ . Из рисунка 1 хорошо видно, что степень заряженности АКБ оказывает значительное влияние на её внутреннее сопротивление особенно при снижении температуры электролита.

Анализируя зависимости на рисунке 1 можно сделать следующие выводы: кратность изменения внутреннего сопротивления АКБ при изменении температуры от +30 °С до -30 °С и при степени заряженности  $k = 1,0$  составляет 2,3, а при степени заряженности  $k = 0,1$  уже 6,4. Как показывают расчеты, исправная АКБ с объявленной заводом-изготовителем емкостью  $C_{20} = 60$  Ah, полностью заряженная, обладает энергией около 2,6 МДж. На пуск ДВС в течение пяти секунд при мощности стартера 1,5 кВт необходимо 7,5 кДж. В условиях затрудненного пуска в течение 10 – ти секунд (при низких температурах -20...-30 °С) требуется 45 кДж. И первое, и даже второе значение требуемой для пуска ДВС энергии существенно меньше даже 0,1 (260 кДж) энергии полностью заряженного АКБ и из этого следует, что проблема отказов пуска ДВС в условиях умеренного климата не в отсутствии энергии запасенной в АКБ, а в невозможности передать эту энергию электростартеру.

Максимальное значение мощности, развиваемой АКБ во внешней цепи, зависит от внутреннего сопротивления. Схема пуска ДВС описывается законом Ома для полной цепи. ЭДС АКБ практически не зависит от температуры и не зависит от количества энергии к АКБ. Активное сопротивление нагрузки (стартера) изменяется (уменьшается) приблизительно в три раза при переходе от режима с номинальной мощностью до режима с максимальной мощностью. Из-за наличия внутреннего сопротивления АКБ напряжение на выводах электростартера снижается. При снижении напряжения на выводах АКБ уменьшается частота вращения и мощность электростартера [6,7].

Таким образом, внутреннее сопротивление источника электроснабжения оказывает решающее влияние на рабочие и механические характеристики стартерного электродвигателя и предопределяет возможность пуска ДВС в тех или иных условиях.

Для поддержания определенного уровня заряженности АКБ генератор должен сообщить ей количество энергии, которое батарея отдала во время предшествующего разряда. Так же следует учитывать, что на эффективность процесса заряда АКБ влияние оказывает температура электролита [3,7].

При эксплуатации батареи на автомобиле ее заряд происходит при постоянном напряжении. Производители легковых автомобилей по согласованию с разработчиками батарей устанавливают максимальный уровень за-

рядного напряжения  $14,4 \pm 0,2$  В. Данное значение напряжения выбрано из условий минимизации газовыделения при заряде. С уменьшением температуры электролита возрастает внутреннее сопротивление АКБ, в результате при постоянном напряжении бортовой сети уменьшается зарядный ток.

При определенных режимах эксплуатации автомобиля степень заряженности АКБ может снижаться и как правило, это происходит при низких температурах воздуха окружающей среды, частых и длительных пусках холодного двигателя, коротких пробегах со значительным временем работы ДВС в режиме холостого хода с включенными мощными электропотребителями (вентилятор печки, обогреватель заднего стекла, обогреватель зеркал, обогрев сидений. и.т.д.). Данные режимы эксплуатации характерны для городского движения.

Существование проблемы снижения степени заряженности АКБ при эксплуатации автомобилей подтверждают известные рекомендации для этих случаев о необходимости периодической подзарядки АКБ от внешних источников электроэнергии. При заряде АКБ при постоянном напряжении (напряжение бортовой сети) сила тока заряда велика только для незаряженного аккумулятора, и ток заряда резко снижается, когда степень заряженности приближается к  $k = (0,2-0,3)$ . В частности в литературе [3,4] указывается, что для того чтобы обеспечить заряженность АКБ  $k = (0,7-0,8)$  необходимо чтобы двигатель работал на высоких оборотах несколько десятков часов. Все это позволяет утверждать, что, как правило, в автомобилях, эксплуатируемых в городском режиме, степень заряженности АКБ составляет порядка  $k = (0,1-0,3)$ . Косвенным подтверждением этого является хорошо известный из практики факт: с включенным ДВС и включенными фарами ближнего света, АКБ полностью разряжается (стартер не вращается) за 20 – 40 минут.

Все вышесказанное и объясняет причину частых отказов пуска ДВС в зимнее время в условиях умеренного климата.

### **Способы решения проблемы энергетического обеспечения пуска автомобильного двигателя**

Автопроизводители предлагают варианты решения проблемы отказа пуска ДВС по причине недозаряженности стартерной АКБ.

Один из вариантов заключается в том, что используются две АКБ: одна для обеспечения энергии электростартера, другая АКБ для обеспечения всех потребителей в случае ос-

тановки двигателя [8]. Полной гарантии успешности пуска ДВС в этом случае нет, т.к. и в этом случае компенсация потерь энергии в АКБ на пуск двигателя обеспечивается тем же генератором при постоянном напряжении, равном напряжению бортовой сети.

Так же предлагается вариант оснащения автомобиля электронными системами, отслеживающими количество оставшейся энергии в АКБ и отключающими потребителей при остановленном ДВС от АКБ, либо автоматически запускающие ДВС для работы на режиме холостого хода [8]. Эффективность этого варианта ограничена по двум причинам. Первая причина: физика не позволяет измерить количество энергии в АКБ. Все попытки измерить эту величину приводят только к оценке ее значения, зачастую далекой от реальности. Вторая причина: заряд происходит при постоянном напряжении, равном напряжению бортовой сети.

Для решения проблемы затрудненного пуска ДВС по причине недостаточной заряженности АКБ при эксплуатации автомобиля мы предлагаем следующее:

1. Добавить в систему энергообеспечения автомобиля вторую АКБ.

2. Эти АКБ используются поочередно. Одна АКБ используется и для пуска ДВС и для энергообеспечения всех потребителей автомобиля при работающем и не работающем ДВС. Вторая АКБ используется только для обеспечения энергией потребителей при работающем и неработающем ДВС, без подключения электростартера.

3. Используя современные методы и возможности электроники, возможна реализация на базе микроконтроллера электронного блока управления, в функции которого будет входить определение интегральной энергии АКБ, израсходованной на потребители или полученной от генератора.

4. Интегральная энергия определяется на основании непрерывного измерения тока и напряжения АКБ.

5. На основании этой информации будет определяться степень заряженности батареи. При степени заряженности АКБ ниже  $k=0.8$  исполнительный элемент – коммутатор переведет эту АКБ в режим принудительного заряда постоянным током, получаемым от специального электронного преобразователя. С этого момента питание всех потребителей обеспечивается вторым АКБ, который работает по аналогичной схеме. Пороговая степень заряженности АКБ  $k=0.8$  выбрана из соображений допустимости возрастания внут-

реннего сопротивления при снижении температуры.

### **Заключение**

Уменьшение вероятности пуска ДВС в условиях отрицательных температур умеренной климатической зоны, в большей степени обусловлено повышенным внутренним сопротивлением АКБ, при её низкой степени заряженности. При определенных режимах эксплуатации автомобиля степень заряженности АКБ может снижаться, как правило, это происходит при низких температурах воздуха окружающей среды, частых и длительных пусках холодного двигателя, коротких пробегах с включенными мощными электропотребителями, данные режимы эксплуатации характерны для городского движения.

Для решения проблемы затрудненного пуска ДВС по причине недостаточной заряженности АКБ при эксплуатации автомобиля предлагается оснащение автомобиля интеллектуальной системой энергоснабжения. Применение данной системы позволит постоянно поддерживать высокое значение степени заряженности АКБ при эксплуатации автомобиля, что позволит повысить вероятность пуска ДВС в условиях низких отрицательных температур. В целях обеспечения безопасности эксплуатации предлагаемой системы желательно использовать АКБ тип SMF [8].

Следует отметить, что данная система позволяет использовать устройства предпусковой тепловой подготовки ДВС типа Webasto без опасения отказа пуска ДВС в результате отсутствия энергии в АКБ.

### **Библиографический список**

1. Журавский Б.В. Повышение эффективности эксплуатации автомобилей в условиях низких отрицательных температур / Б.В. Журавский, Л.Н. Киселева // Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования – основа модернизации и инновационного развития архитектурно – строительного и дорожно - транспортного комплексов России: материалы 66-й научно – практической конференции ФГБОУ ВПО «СибАДИ» СибАДИ. – Омск: СибАДИ, Кн. 2. – 2012. – С. 32-35.

2. Робустов В.В. О проекте завода "северных" автомобилей в г. Омске: состояние, проблемы и перспективы. Какой автомобиль нужен России?: материалы / В.В. Робустов, Б.В. Журавский // 69-й Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ) / НАМИ, ОАР, СибАДИ [и др.]. – Омск: СибАДИ, 2010. – С. 210-216.

3. Акимов С.В. Электрооборудование автомобилей: учебник для ВУЗов / С.В. Акимов, Ю.П. Чижков. – М.: ЗАО «ЮЖИ» «За рулем», 2003. – 384 с.

4. Дентон, Т. Автомобильная электроника / Том Дентон; пер. с англ. Александрова В.М. – М.: ИТ Прес, 2008. – 576 с.

5. Соснин, Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей: учебное пособие / Д.А. Соснин. – М.: САЛОН-Р, 2001. – 272 с.

6. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей. Курс лекций / Ю.П. Чижков. – М.: Издательство «Машиностроение». 2002. – 240 с.

7. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей: учеб. для студентов вузов / В.Е. Ютт. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1995. – 304 с.

8. Service Training. Пособие по программе самообразования 234. Автомобильные аккумуляторные батареи. Теория и практика. VOLKSVAGEN AG, Вольфсбург, VK-21 Service Training. По состоянию на 01.04

### POWER SUPPLY OF START-UP OF THE ENGINE INTERNAL COMBUSTION OF THE CAR

A.G. Markin, B. V. Zhuravsky, A.P. Zhigadlo

**Abstract.** The article analyzes the reasons of the complicated start-up automotive internal combustion engines in the conditions of low negative temperatures. It is shown that decisive impact on the energy system has a start value of the internal resistance of the battery. They say that one of the main causes of increased internal resistance of the battery during operation of the vehicle is its low degree of charge. The influence of the modes of operation of the vehicle to charge the battery. The description of the operation principles of the proposed intelligent energy supply system of the vehicle.

**Keywords:** Start the automobile engine, starter battery, energy balance, electric starter, electric motor, electric appliance, electric circuit, electronic control system.

### References

1. Zhuravskij B.V., Kiseleva L.N. Povyshenie jeffektivnosti jekspluatatsii avtomobilej v uslovijah nizkih otricatej'nyh temperatur / B.V. Zhuravskij, L.N. Kiseleva [Increase of efficiency of operation of cars in the conditions of low negative temperatures]. *Orientirovannye fundamental'nye i prikladnye issledovanija – osnova modernizatsii i innovacionnogo razvitija arhitekturno – stroitel'nogo i dorozhno - transportnogo kompleksov Rossii: materialy 66-j na-uchno – praktičeskoj konferencii FGBOU VPO «SibADI» SibADI, Omsk: SibADI, Kn. 2. 2012. pp .32-35.*

2. O proekte zavoda "severnyh" avtomobilej v g. Omske: sostojanie, problemy i perspektivy. Kakoj avtomobil' nuzhen Rossii? [About the project of plant of "northern" cars in Omsk: state, problems and prospects. What car is necessary to Russia?] *Materialy 69-j Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii*

*Associacii avtomobil'nyh inzhenerov (AAI) NAMI, OAR, SibADI, Omsk: SibADI, 2010. pp .210-216 .*

3. Akimov S.V., Chizhkov Ju.P. *Jelektrooborudovanie avtomobilej* [Elektrooborudovaniye of cars]. Moscow, ZAO «KZhl» «Za rulem», 2003, 384 p.

4. Denton T. *Avtomobil'naja jelektronika* [Automobile electronics]. Moscow, NT Pres, 2008. 576 p.

5. Sosnin D.A. *Avtotronika. Jelektrooborudovanie i sistemy bortovoi avtomatiki sovremen-nyh legkovykh avtomobilej: uchebnoe posobie* [Avtotronika. Electric equipment and systems of onboard automatic equipment of modern cars: manual]. Moscow, SALON-R, 2001. 272 p.

6. Chizhkov Ju.P. *Jelektrooborudovanie avtomobilej* [Elektrooborudovaniye of cars]. Moscow, Izdatel'stvo Mashinostroenie, 2002. 240 p.

7. Jut, V.E. *Jelektrooborudovanie avtomobilej: ucheb. dlja studentov vuzov* [Elektrooborudovaniye of cars: studies]. Moscow, Transport, 1995. 304 p.

8. Service Training. A grant according to the program of self-education 234. Automobile batteries. Theory and practice. VOLKSVAGEN AG, Wolfsburg, VK-21 Service Training. On a state on 01.04.

*Маркин Анатолий Геннадьевич (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры "Тепловые двигатели и автотракторное оборудование" ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: markinag@front.ru).*

*Журавский Борис Викторович (Россия, г. Омск) – Старший преподаватель кафедры "Эксплуатация и ремонт автомобилей" ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).*

*Жигadlo Александр Петрович (Россия, г. Омск) – доктор педагогических наук, кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой "Инженерная педагогика" ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: zhigadlo\_ap@sibadi.org).*

*Markin Anatoly Gennadevich (Russian Federation, Omsk) – the senior teacher The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: markinag@front.ru).*

*Zhuravsky Boris Viktorovich (Russian Federation, Omsk) – senior teacher The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5).*

*Zhigadlo Alexander Petrovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, the associate professor; The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: zhigadlo\_ap@sibadi.org).*

УДК 629.01

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРЕДДЕФЕКТНОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛЬНЫХ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ПРИ УСТАЛОСТНОМ НАГРУЖЕНИИ

Ю.И. Матяш<sup>1</sup>, Ю. М. Сосновский<sup>1</sup>, А.В. Колтышкин<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Омское пассажирское вагонное депо ЛВЧД-1, Россия, Омск.

**Аннотация.** В статье показано, что в процессе эксплуатации, под воздействием статических или знакопеременных нагрузок происходит изменение физико-химических свойств стали, которое приводит к повышению хрупкости. Предлагается новый подход для оценки преддефектного состояния деталей и узлов на основе изменения структурной рыхлости. На основе контроля структурных изменений металлов в процессе их эксплуатации может быть создана эффективная система оценки остаточного ресурса.

**Ключевые слова:** циклическая нагрузка, структура, гистерезис, диффузия, диагностика.

### Введение

Проблема оценки остаточного ресурса стальных узлов и деталей не является новой. Вместе с тем, она не теряет актуальности и в настоящее время. Более того, поскольку темпы технического перевооружения промышленного оборудования отстают от темпов его старения, актуальность развития достоверных методов оценки остаточного ресурса повышается.

Анализируя существующие на сегодняшний день методы оценки остаточного ресурса, главным образом можно выделить два подхода:

1. Вероятностные методы, в основу которых заложена статистика отказов.

2. Технические методы, в основе которых лежат способы разрушающего и неразрушающего контроля.

Очевидно, что зоны повышенной концентрации напряжений являются наиболее вероятными областями разрушений. Именно в них начинают происходить преддефектные изменения структуры. По мнению профессора Дубова А.А., именно игнорирование структурных изменений является одним из существенных недостатков существующих методов оценки остаточного ресурса [1].

Существующие методы, основанные на анализе кинетической диаграммы усталостного разрушения [2], теряют свою актуальность, в связи с тем, что динамика развития усталостных трещин чаще всего имеет "взрывной" характер. Проведенное диссертационное исследование по прогнозированию усталостного ресурса стальных деталей тележек грузовых вагонов, также не учитывает активизацию физико-химических процессов вызванных внешним нагружением [3]. Вместе

с тем, именно со структурными изменениями связаны изменения физических и химических свойств стали. В данной работе, мы акцентировали внимание на усталостных нагружениях, которым подвержены стальные детали изготовленные из стали марки 20ГЛ при нормальных условиях (комнатные температуры и нормальное атмосферное давление).

### Основные закономерности усталостных разрушений

Большая часть стальных узлов и деталей в промышленности и на транспорте работает в условиях статических или циклических нагружений в области упругой деформации. При этом, к основным закономерностям процесса усталостного разрушения металлов при циклических нагружениях можно отнести следующее.

1. Циклическая нагрузка вызывает разрушение металлов при напряжении не только меньшем предела прочности, но и меньшем предела текучести и предела упругости. Чем ниже напряжение, тем больше нужно приложить смен (циклов) напряжений, чтобы вызвать разрушение образца. Зависимость между напряжением и числом циклов, вызывающим разрушение образца изображается в виде усталостной кривой (кривая Велера) [4].

2. Разрушение металла под действием циклической нагрузки носит локальный характер.

3. Способность металла сопротивляться повторным знакопеременным нагрузкам характеризуется циклической вязкостью металла. Она характеризует способность металлов поглощать энергию в необратимой форме. Кривые деформации при нагружении и разгрузке не совпадают между собой, а образуют петлю гистерезиса. Площадь петли гистерезиса характеризует ту работу, которую



металл способен поглотить в необратимой форме за один цикл.

4. Согласно теории кинетической прочности [5] процесс разрушения на начальной стадии следует рассматривать как процесс, в котором вследствие тепловых флуктуаций преодолевается энергетический барьер  $U_0$ , величина которого может быть уменьшена в результате действия внешних напряжений  $\sigma$ .

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{U_0 - \gamma\sigma}{kT}\right), \quad (1)$$

здесь  $\tau$  – время между двумя последовательными флуктуациями,  $\tau_0$  – период собственных тепловых колебаний атома,  $\gamma$  – структурный фактор,  $k$  – постоянная Больцмана,  $T$  – абсолютная температура,  $\sigma$  – внешнее напряжение. Как видно из приведенной формулы (1) внешняя нагрузка  $\sigma$  и повышение температуры приводит к повышению вероятности флуктуационного перехода.

5. Период зарождения усталостных трещин, согласно [4] можно разделить на три основные стадии: стадия циклической микротекучести, стадия циклической текучести и стадия циклического упрочнения (разупрочнения). Склонность металлов к циклическому упрочнению или разупрочнению определяется отношением предела прочности  $\sigma_B$  к условному пределу текучести  $\sigma_{0,2}$ . Если отношение  $\sigma_B / \sigma_{0,2} \leq 1.2$ , то происходит разупрочнение, при  $\sigma_B / \sigma_{0,2} \geq 1.4$  происходит упрочнение, при  $1.2 \leq \sigma_B / \sigma_{0,2} \leq 1.4$  может происходить как упрочнение, так и разупрочнение. На первых двух стадиях, хотя и происходят изменения в структурном состоянии, механические свойства при этом практически не меняются. На стадии же циклического упрочнения или разупрочнения происходит интенсивное изменение механических свойств.

#### Влияние углерода на физико-механические свойства стали

В настоящее время, например, для производства боковых рам тележек грузовых вагонов используется сталь марки 20ГЛ. Согласно ГОСТ 21357-87 основной химический состав стали (в %) приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали 20ГЛ

C	Si	Mn	S	P
0,15 – 0,25	0,2 – 0,4	1,2 – 1,6	до 0,04	до 0,04

Режимы термической обработки стали при производстве включают нормализацию (880 - 900°C, отпуск 600 - 650°C) или закалку (870 - 890°C, отпуск 620 - 650°C).

При нормальных условиях, углерод находится в состоянии твердого раствора с железом и в виде химического соединения – цементита ( $Fe_3C$ ). Увеличение процентного содержания C в стали, приводит к росту карбидной фазы, следовательно, к увеличению твердости и прочности и, как следствие, снижению пластичности и вязкости стали. С физической точки зрения увеличение доли углерода приводит к увеличению электросопротивления и коэрцитивной силы, снижается магнитная проницаемость.

Согласно [6], количественная мера упрочнения феррита при легировании различными химическими элементами может быть найдена из выражения:

$$\sigma_{TP} = \sum_{i=1}^n k_i \cdot C_i, \quad (2)$$

здесь  $\sigma_{TP}$  – вклад легирующих элементов,  $k_i$  – коэффициент упрочнения феррита при растворении в нем  $i$  – легирующего элемента,  $C_i$  – концентрация  $i$  – легирующего элемента растворенного в феррите. Значения коэффициентов упрочнения  $k_i$  приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения коэффициентов упрочнения феррита различными растворенными в нем элементами

Элемент	C	P	Si	Mn	Cr	Mo
$k_i$ , МПа/%	4670	690	86	33	31	11

Как видно из таблицы 2, наибольший упрочняющий эффект связан с углеродом.

С точки зрения физики, растворенные в феррите элементы, в исходном состоянии, приводят к тому, что образуется неравновесная термодинамическая система, которая постепенно стремится перейти в равновесное состояние. Основным механизмом такого перехода является диффузия легированных элементов. Скорость диффузии в этом случае будет определяться выражение (1) и существенно зависеть от внешнего напряжения, понижающего потенциальный барьер и температуры.

Возможны два механизма выхода углерода:

1. Диффузия атомов углерода к дислокациям и границам зерен.
2. Образование и рост карбидов.

Диффузия атомов углерода к дислокациям приводит к разупрочнению феррита, он становится «мягче», сталь становится пластичнее. Рост карбидов, напротив, приводит к тому, что доля «жесткой» фазы в стали увеличивается, повышается суммарная твердость, происходит охрупчивание. Именно это состояние является наиболее опасным и критическим. Вероятность хрупкого разрушения становится наибольшей. Дополнительным фактором влияющим на диффузионный процесс является размер зерна. Чем меньше размер зерна, тем быстрее идет процесс диффузии. Углероду надо пройти меньший путь для выхода на границу зерен. Соответственно, концентрация углерода, также оказывает определенное влияние. Чем больше углерода, тем быстрее идет процесс диффузии. Косвенным подтверждением выше сказанного предположения являются результаты диссертационного исследования приведенные в [7]. Автор исследовал и проанализировал разрушение более 300 деталей автосцепных устройств вагонов изготовленных из стали марки 20ГЛ. В частности, было установлено, что:

1. Процесс деградации (охрупчивания) прочностных свойств материала (та же сталь марки 20ГЛ) весьма стабилен и устойчив.

2. Степень деградации (охрупчивания) прочностных свойств материала можно оценивать по изменению его твердости.

Дополнительным подтверждением являются результаты, приведенные в [8]. Объектом исследования в этой работе являлась реакционная колонна одного из нефтехимических заводов, изготовленная из углеродистой стали 20 с антикоррозийным медным покрытием. Рабочие параметры эксплуатации колонны составили: давление - 8 МПа, температура - 300°С. В частности, было отмечено, что под воздействием эксплуатационных факторов происходит изменение структуры и механических свойств материала (охрупчивание). Приведенный пример показывает, что изменение структуры и механических свойств материала (охрупчивание) происходит не только при знакопеременных нагрузках, но и при воздействии статических нагрузок.

Рыхлость, как объективный критерий остаточного ресурса.

Создание объективного контроля, за техническим состоянием стальных узлов и деталей предполагает разработку методики оперативного и достоверного диагностирования. Одним из вариантов такого контроля может быть метод, основанный на изменении физи-

ко-химических свойств металлов, в частности, на характере изменения структурной рыхлости стали, являющейся показателем ее термодинамической стабильности.

Рыхлость косвенно характеризует энергию межатомного взаимодействия. Чем прочнее химические межатомные связи и больше их энергия, тем более отчетливо проявляется эффект «стягивания» атомов в компактную кристаллическую решетку (структуру) и тем меньше будет соответствующая величина ее структурной рыхлости [9]. Слабые химические связи соединения говорят о меньшей энергии их соединения и, следовательно, о большей структурной рыхлости. Очевидно, что рыхлость является величиной обратной энергетической плотности вещества.

В научной литературе и, в частности в работе [9] представлено достаточно большое количество корреляционных зависимостей физических параметров от структурной рыхлости.

Формула структурной рыхлости  $\omega$  кристаллического вещества имеет вид [9]:

$$\omega = \frac{M}{n \cdot \rho} \quad (3)$$

где  $M$  – молекулярная масса,  $n$  – число структурных узлов (атомов, ионов, комплексов) в формульной единице соединения,  $\rho$  – плотность вещества.

В качестве примера приведем расчет структурной рыхлости карбида железа  $Fe_3C$ .

$$\omega_1 = \frac{55,849 \cdot 3 + 12,011}{4 \cdot 7,86} = 5,74 \frac{см^3}{г \cdot атом} \quad (4)$$

Для феррита, у которого в ОЦК решетке находится, например, один атом углерода рыхлость можно рассчитать так:

$$\omega_2 = \frac{55,849 + 12,011}{2 \cdot 7,86} = 4,32 \frac{см^3}{г \cdot атом} \quad (5)$$

Если в ОЦК решетке феррита находятся два атома углерода, то:

$$\omega_3 = \frac{55,849 + 2 \cdot 12,011}{3 \cdot 7,86} = 3,39 \frac{см^3}{г \cdot атом} \quad (6)$$

Интегрированная рыхлость стали в общем случае может быть найдена по формуле:

$$\omega = x_1 \omega_1 + x_2 \omega_2 + \dots \quad (7)$$

где  $x_1$  – доля карбида железа в стали,  $x_2$  – доля феррита с растворенным в решетке одним атомом углерода,  $\omega_1$  и  $\omega_2$  рыхлость соответствующей фазы. В принципе сумма (7) может быть дополнена другими включениями.

При диффузии углерода доля карбида  $x_1$  может меняться в сторону увеличения, а доля  $x_2$  легированного феррита в сторону уменьшения. В зависимости от того, какое слагаемое в выражении (7) растет быстрее, так будет изменяться и общая структурная рыхлость. При охрупчивании стали рыхлость уменьшается.

Выбор параметра рыхлости был обусловлен, прежде всего, тем, что в работе [9] представлено достаточно большое количество корреляционных зависимостей физических параметров от структурной рыхлости: 1) температуры плавления, 2) относительной твердости, 3) абсолютной твердости по Викерсу, 4) поверхностной энергии, 5) модуля Юнга, 6) модуля сдвига, 7) модуля всестороннего объемного сжатия, 8) коэффициентов теплового линейного и 9) объемного расширений, 10) объемной сжимаемости, 11) скорости распространения звука, 12) показателя преломления, 13) трещиностойкости, 14) эффективной энергии разрушения, 15) пограничной межатомной электронной плотности, 16) кристаллических электроотрицательностей, 17) работы выхода электрона, 18) теплопроводности, 19) максимальных частот колебания атомов, 20) теплоемкости. Не исключено, что приведенный список физических параметров может быть расширен с выводом соответствующей зависимости.

В качестве примера на рисунке 1 приведен график зависимости модуля Юнга от структурной рыхлости, построенный по корреляционной зависимости (8):

$$\ln E = -1,86 \cdot \ln \omega + 8,81. \quad (8)$$

Из рисунка 1 видно, что при уменьшении рыхлости модуль Юнга увеличивается (хрупкость увеличивается).

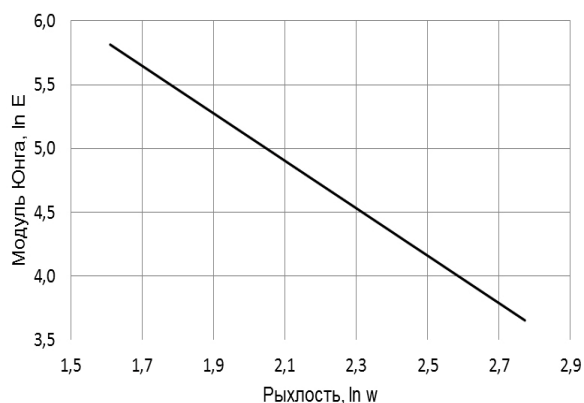


Рис. 1. Зависимость модуля Юнга кристаллического вещества от структурной рыхлости

Кроме этого, при уменьшении рыхлости увеличивается относительная и абсолютная твердость, поверхностная энергия, модуль сдвига, скорость звука, уменьшается коэффициент теплового линейного расширения и теплоемкость и т.д. На базе таких изменений мы имеем возможность оперативно производить оценку преддефектного состояния деталей, сравнивая текущие показатели с показателями контрольных деталей. Для выбора предельных критических значений физических параметров и соответствующих им критических значений рыхлости, необходимо провести дополнительные теоретические и экспериментальные исследования для каждой марки стали.

#### Выводы

1. Теоретически показано, что рыхлость может быть положена в основу разработки способа оценки остаточного ресурса.

2. С практической точки зрения существует принципиальная возможность разработки приборов, основанных на тех или иных закономерностях физических свойств металлов от рыхлости, которые наиболее оптимально подходят для реальных узлов и деталей и условий при эксплуатации.

На основе вышеизложенного, возможно создание эффективной методики контроля и диагностики остаточного ресурса стальных деталей и узлов, которая позволит существенно повысить эффективность работы промышленной отрасли и избежать аварий и крупномасштабных катастроф.

#### Библиографический список

1. Дубов, А.А. Проблемы оценки остаточного ресурса стареющего оборудования / А.А. Дубов // Арматуростроение. Методы контроля и диагностики. – 2012. – №3 (78). – С.74-78.
2. Матвиенко, Ю.Г. Модели и критерии механики разрушений / Ю.Г. Матвиенко. – М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2006. – 328 с.
3. Якушев, А.В. Прогнозирование усталостного ресурса литых деталей тележки грузового вагона: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург.: УрГУПС, 2007. – 16 с.
4. Терентьев В.Ф., Оксогоев А.А. Циклическая прочность металлических материалов: Учеб. Пособие / В.Ф. Терентьев, А.А. Оксогоев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001. – 61 с.
5. Регель, В.Р. Кинетическая природа прочности твердых тел: Монография / В.Р. Регель, А.И. Слуцкер, Э.Е. Томашевский – М.: Наука, 1974. – 560 с.
6. Чувильдеев, В.Н. Вирясова Н.Н. Деформация и разрушение конструкционных материалов: проблемы старения и ресурса. Учебное пособие / Под общей ред. В.Н. Чувильдеева. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2010. – 67 с.

7. Левкович, Т.И. Прогнозирование вероятности опасных хрупких разрушений корпусов автосцепок вагонов: автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. Брянск.: БГТУ, 2000. – 22 с.

8. Закирничная, М.М. Охрупчивание стали 20 в процессе длительной эксплуатации / М.М. Закирничная, И.П. Кузеев, В.К. Бердин, Н.Ю. Кириллова // Нефтегазовое дело, Машины и аппараты. – 2006. – Т. 4, №1. – С. 207–214.

9. Зуев В.В. Кристаллоэнергетика как основа оценки свойств твердотельных материалов (включая магнезиальные цементы) / В.В. Зуев, Л.Н. Почепаева, Ю.Д. Гончаров. – СПб.: Изд-во завода «Альфapol», 2006. – 139 с.

**PHYSICAL AND CHEMICAL BASES OF ESTIMATION PREVIOUS TO DEFECT STATES STEEL COMPONENTS AT FATIGUE LOADING**

YU.I. Matyash, Yu. M. Sosnovsky, A.V. Koltyskin

**Abstract.** The article demonstrates that during operation under the influence of static or alternating loads is changed physical and chemical properties of the steel, which leads to increased fragility. A new approach to assess of previous to defect the state steel components on the basis of changes in the structural looseness. On the basis of monitoring structural changes in metals during their operation may be effective system of residual life assessment.

**Keywords:** cyclic loading, structure, hysteresis, diffusion, diagnostics.

**References**

1. Dubov A.A. *Problemy ocenki ostatochnogo resursa starejushhego oborudovanija* [Problems of assessing aging equipment residual life. Valve. Quality monitoring and diagnostics]. St. Petersburg: 2012. no. 3 (78). pp.74-78.

2. Matvienko Y.G. *Modeli i kriterii mehaniki razrushenij* [Models and criteria of fracture mechanics]. Moscow, FIZMATLIT, 2006. 328 pp.

3. Yakushev A.V. *Prognozirovanie ustalostnogo resursa lityh detalej telezhki gruzovogo vagona: avtoref. dis. kand. tehn. nauk* [Prediction of cast parts of freight car bogie's fatigue life: the thesis abstract. PhD tehn. sciences]. Yekaterinburg: USURT 2007. 16 p.

4. Terentyev V.F., Oksogoev A.A. [Cyclic strength of metallic materials: Textbook]. Novosibirsk: Publishing house of the NSTU, 2001. 61 p.

5. Regel V.R., Slutsker A.I., Tomashevsky E.E. *Ciklicheskaja prochnost' metallicheskih materialov* [The kinetic nature of the strength solids: Monograph]. Moscow, Science, 1974. 560 p.

6. Tchuveldееv V.N. Viryasova N.N. *Deformacija i razrushenie konstrukcionnyh materialov:*

*problemy starenija i resursa* [Deformation and fracture of structural materials: the problem of aging and life. Textbook]. Nizhny Novgorod: Publishing house of the NNSU, 2010. 67 pp.

7. Levkovich L.I. *Prognozirovanie verojatno-sti opasnyh hrupkih razrushenij korpusov avto-scepok vagonov: avtoreferat dissertacii na so-iskanie uchjonoj stepeni kandidata tehniceskijh nauk* [Predicting the probability of dangerous brittle fractures of bodies cars' autohitches: the thesis abstract on scientific degree of technical sciences candidate's competition]. Bryansk: BSTU, 2000. 22 p.

8. Zakirnichnaya M.M., Kuzeev I.R., Berdin V.K., Kirillova N.U. *Ohrupchivanie stali 20 v processe dlitel'noj jekspluatacii* [Steel 20 embrittlement during long operation. Petroleum Engineering, Machinery and apparatus]. Ufa:2006. vol. 4, no. 1. pp. 207–214.

9. Zuev V.V., Potselueva L.N., Goncharov Y.D. *Kristallojenergetika kak osnova ocenki svojstv tverdotel'nyh materialov (vklju-chaja magnezial'nye cementy)* [Crystal energetics as a basis for evaluation of solid materials properties (including magnesia cement) St. Petersburg: Publishing House of plant "Alfapol"], 2006. 139 pp.

*Матяш Юрий Иванович (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор; профессор кафедры Вагоны и вагонное хозяйство ФГБОУ ВПО «ОмГУПС». (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: matiash41@mail.ru).*

*Сосновский Юрий Михайлович (Россия, Омск) – кандидат физико-математических наук, доцент; доцент кафедры Физика и химия ФГБОУ ВПО «ОмГУПС». (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: sosnovskyyum@mail.ru).*

*Колтышкин Андрей Валерьевич (Россия, Омск) – инженер путей сообщения, Омское пассажирское депо ЛВЧД-1. (644121, г. Омск, ул. Леконта, 30, e-mail: kav-91-07-28@mail.ru).*

*Yury I. Matyash (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical science, professor «Carriage and carriage sector» department, Omsk State Transport University (OSTU). (644046, Omsk, 35 Marksa pr., e-mail: matiash41@mail.ru).*

*Yury M. Sosnovsky (Russian Federation, Omsk) – candidate of physico-mathematical sciences, assistant professor «Physics and chemistry» department, Omsk State Transport University (OSTU). (644046, Omsk, 35 Marksa pr., e-mail: sosnovskyyum@mail.ru).*

*Andrey V. Koltyskin (Russian Federation, Omsk) – railway engineer, Omsk Passenger Depot. (644121, Omsk, Lekonta st., 30, e-mail: kav-91-07-28@mail.ru).*

УДК 631.362.63

## ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО СОСТАВА НА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ НИЗКОНАГРУЖЕННЫХ ПАР ТРЕНИЯ

Г.В. Редреев<sup>1</sup>, В.В. Евстифеев<sup>2</sup>, И.А. Ключев<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина, Россия, г. Омск;  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск;  
<sup>3</sup>ООО «Макларен», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** Рассмотрена проблема формирования защитного слоя ремонтно-восстановительного состава (РВС) на поверхности деталей. Показано, что при обработке агрегатов в режиме штатной эксплуатации в низконагруженных парах трения формирования слоя РВС не происходит. Узлы, содержащие такие пары трения, целесообразно обрабатывать отдельно, при ремонте агрегатов, на специально изготовленных стендах, создающих условия формирования защитного слоя РВС.

**Ключевые слова:** защитный слой РВС, низконагруженные пары трения, специальный стенд, условия формирования слоя.

### Введение

При восстановлении работоспособности сложных узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники важное место занимают безразборные технологии восстановления деталей с применением ремонтно-восстановительных составов (РВС) [1,2,3]. Однако при добавлении РВС в смазочное масло различные пары трения в разной степени подвергаются восстановлению. Это связано с разницей в динамических режимах сопряжений. При этом как, правило, присутствуют такие низконагруженные пары трения, в которых эффект восстановления не проявляется. Но, поскольку эти пары трения также подвержены износу, возникает задача их обработки РВС отдельно от всего агрегата или узла, при искусственно созданных требуемых динамических режимах.

### Обработка РВС пар трения

На кафедре технического сервиса, механики и электротехники ОмГАУ отрабатывается технология по восстановлению с помощью РВС пар трения «ось - втулки» ротора центрифуги двигателей ЯМЗ [4]. Центрифуга является важным агрегатом системы смазки, а ее эффективное функционирование необходимо для поддержания чистоты моторного масла. Технология реализуется на специально изготовленной установке (рис. 1).

Обработке подвергалась новая центрифуга ЯМЗ, размеры втулок и шеек оси которой соответствовали нормативам. Для обработки применялось полусинтетическое масло XADO Atomic Oil 10W-40 SL/CI-4. Объем масла в баке установки составлял 6 л. Терморегулятор трубчатого электронагревателя (ТЭН) установки был выставлен на 80<sup>0</sup>С. Давление

масла устанавливалось регулятором на уровне 4 кг/см<sup>2</sup> для холодного масла. С увеличением температуры масла происходило некоторое естественное снижение давления, компенсация которого не производилась воздействием регулятора. Центрифуга монтировалась на установку, включался ТЭН и запускался двигатель привода масляного насоса. После работы центрифуги в течение 12-14 рабочих дней, что составляло примерно 100 часов, центрифуга снималась с установки и разбиралась. Ось центрифуги тщательно протиралась сухой тканью для подготовки к осмотру поверхности шеек с помощью микроскопа. Такой же процедуре очистки была подвергнута контрольная ось центрифуги, приобретенная как запасная часть. Контрольный экземпляр оси центрифуги был изготовлен на том же заводе-изготовителе.

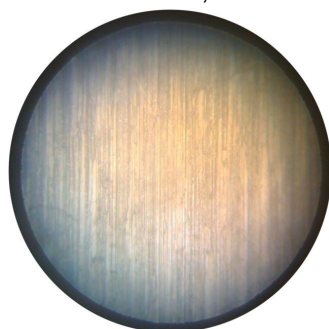


Рис. 1 Экспериментальная установка для обработки центрифуг ЯМЗ

осмотру подвергалась только верхняя шейка оси, так как нижняя шейка не могла быть осмотрена на имеющемся металлографическом микроскопе из-за конструктивных особенностей оси. Результаты осмотра на микроскопе модели МИМ-7 при 500-кратном увеличении [5] были зафиксированы фотоап-

паратом с разрешением 4 Мегапикселя (рис. 2). На рисунке 2 видно, что обе оси имеют одинаковую механическую обработку. Четко просматривается центральная часть видимой области шейки осей. В верхней и нижней частях фотографий резкость нарушена из-за кривизны шейки.

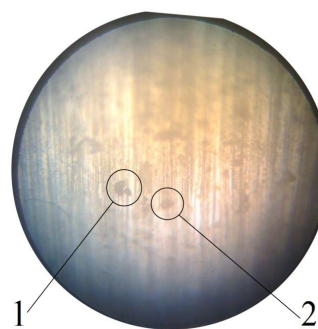
На фото обработанной с РВС шейки оси выделяются области (см. выноски 1 и 2 на рис. 2б) более темного, чем поверхность



а – поверхность до обработки

шейки оси, цвета. Они имеют небольшие размеры и неправильную форму. Эти области занимают около 15-20 % видимой площади шейки оси ротора.

Предположительная природа отмеченных изменений: частицы маслянистых отложений, выделившиеся из нагретого масла, вследствие высокой адгезии оседают на поверхности шейки оси.



б - поверхность после обработки

Рис. 2. Фото шейки оси с 500-кратным увеличением

Осуществление работы установки на масле такого же типа, но без примеси РВС, позволит подтвердить или исключить наличие маслянистых отложений. Однако, из технической литературы известна положительная роль маслянистых отложений в снижении трения поверхностей скольжения [6]. В этом случае может быть определено влияние добавки ХАДО на изменение адгезионных свойств стальных поверхностей трения.

#### Заключение

Для ускорения обработки пар трения был разработан стенд, конструкция которого защищена патентом на полезную модель [7]. Качание ротора центрифуги относительно горизонтальной оси, проходящей через нижнюю шейку оси ротора, позволяет использовать гироскопические свойства ротора и за счет гироскопического момента обеспечить поперечное давление втулок ротора на шейки оси ротора [8]. Предполагается проведение экспериментальных исследований по определению оптимальных значений частоты вращения ротора, а также частоты и амплитуды его качания, обеспечивающих наиболее эффективную обработку с РВС.

#### Библиографический список

1. Гаркунов, Д.Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин) / Д.Н. Гаркунов – М.: Издательство МСХА, 2002 – 632 с.
2. Черноиванов, А.Г. Качество ремонта машин, используемых в сельском хозяйстве: учебное пособие / А.Г. Черноиванов, Е.А. Шапиро. Краснодар: КубГАУ, 2010. 50 с.

3. Гологорский, Е.Е. Эксплуатация и ремонт оборудования предприятий стройиндустрии / Е.Е. Гологорский, А.И. Доценко, А.С. Ильин. М.: Архитектура – 2008. 504 с.

4. Ключев, И.А. К вопросу о повышении безотказности низко-нагруженных пар трения на примере сопряжения «ось – втулки ротора» центрифуги / И.А. Ключев, Г.В. Редреев // Вестник науки ОмГАУ. – Омск, ОмГАУ, 2012. – С. 39-41.

5. Микроскоп вертикальный металлографический МИМ-7. Описание. – М.: Изд. №423, 1963. – 22 с.

6. Вязкость масла. Рост и уменьшение вязкости. – Режим доступа: <http://www.oil-union.ru/index/page/id/494>

7. Полез. модель 144260 РФ: Стенд для испытания и восстановления масляных центрифуг / Г.В. Редреев, И.А. Ключев, Е.А. Миллер; опубл. 20.08.2014 г. Бюл. №23.

8. Павлов, В.А. Гироскопический эффект. Его проявление и использование / В.А. Павлов. – Изд. 3-е, переб. и доп. – Л.: Судостроение, 1972. – 286 с.

#### CREATING A PROTECTIVE LAYER ON THE SURFACES REPAIR AND RESTORATIVE COMPOSITION LOW LOADEN FRICTION PAIRS

G.V. Redreev, V.V. Evstifeev, I.A. Klyuev

**Abstract.** The problem of forming a protective layer of repair and restorative composition (RRC) on the surface of the parts. It is shown that the processing units in the standard mode of operation in low loaded friction pairs forming layer RRC occurs. Components containing such friction pairs, it is advisable to be handled separately, repair units, a specially made stands, creating conditions for the formation of the protective layer of the RRC.

**Keywords:** protective layer RRC, low-loaded friction pair, a special stand, the conditions of formation of the layer.

### References

1. Garkunov D.N. *Tribotekhnika (konstruirovaniye, izgotovleniye i jekspluatatsiya mashin)* [Tribotechnology (design, manufacture and operation of the machine)]. Moscow, Izdatel'stvo MSHA, 2002. 632 p.

2. Chernovanov A.G., Shapiro E.A. *Kachestvo remonta mashin, ispol'zuyemykh v sel'skom hozjajstve: uchebnoye posobie* [Quality repair the machines used in agriculture: study guide]. Krasnodar: KubGAU, 2010. 50 p.

3. Gologorskij E.E., Docenko A.I., Il'in A.S. *Jekspluatatsiya i remont oborudovaniya predpriyatij strojindustrii* [Operation and repair of the equipment of the enterprises of building industry]. Moscow, Arhitektura, 2008. 504 p.

4. Kljuev I.A., Redreev G.V. К вопросу о povyshenii bezotkaznosti nizko-nagruzhennykh par trenija na primere soprzazhenija «os' – vtulki rotora» centrifugi [The question of raising the reliability of low-loaded friction pairs for example pairing "axis - rotor hub" centrifuge]. *Vestnik nauki OmGAU*, Omsk, OMGAU, 2012. pp. 39-41.

5. *Mikroskop vertikal'nyj metallograficheskiy MIM-7. Opisanie* [Vertical metallographic microscope MIM-7. Description]. Moscow, Izd. №423, 1963. 22 p.

6. *Vjazkost' masla. Rost i umen'shenie vjazkosti* [The viscosity of the oil. Growth and reduction of viscosity]. Available at: <http://www.oil-union.ru/index/page/id/494>

7. Redreev G.V., Kljuev I.A., Miller E.A. *Stend dlja ispytaniya i vosstanovleniya masljanykh centrifug* [Stand for testing and recovery of oil centrifuges]. Patent RF no 144260

8. Pavlov V.A. *Giroskopicheskiy jeffekt. Ego pojavlenie i ispol'zovanie* [The gyroscopic effect. His manifestation and use]. Izd. 3-e, pereb. i dop. L.: Sudostroenie, 1972. 286 p.

*Редреев Григорий Васильевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технический сервис, механика и электротехника» ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина (644008, г. Омск, ул. Институтская площадь, 1, e-mail: weerwg@mail.ru).*

*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).*

*Клюев Иван Алексеевич (Россия, г. Омск) – инженер ООО «Макларен» (644053, г. Омск, Нефтезаводская, 49 к5).*

*Redreev Grigory Vasilievich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor, head of the department "Technical service, mechanics and electrical engineering", Omsk State Agrarian University (644008, Omsk, Institutskaya Square St. 1, e-mail: weerwg@mail.ru).*

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

*Klyuev Ivan Alekseevich (Russian Federation, Omsk) – the engineer of JSC Maklaren (644053, Omsk, Neftezavodsky, 49 k 5).*

УДК 656.13:34

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ГОРОДА ОМСКА

С.В. Сорокин, М.Е. Каспер  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема отсутствия правовых рычагов для возможности регулирования коммерческого транспорта в пассажирских перевозках. Идёт речь о принятии нового закона, регламентирующего правовые отношения в сфере общественного пассажирского транспорта на федеральном уровне. Статья посвящена изучению преимуществ и недостатков закона с учётом условий, в которых работают омские перевозчики. На основе изучения Федерального закона № 220-ФЗ в статье авторами предложены дополнения к закону, которые могут быть внесены на региональном уровне местной администрацией.

**Ключевые слова:** городской общественный пассажирский транспорт, федеральный закон, перевозчик, контракт, критерии конкурсного отбора.

### Введение

В городе Омске около 2/3 всех маршрутов города обслуживаются перевозчиками с немуниципальной собственностью. На многих

коммерческих маршрутах фактическое количество не соответствует количеству, указанному в реестре единой маршрутной сети [1], что говорит о том, что коммерческий транс-

порт в городе - слабо регулируемый сектор рынка транспортных услуг по перевозке пассажиров. Подвижной состав, перевозящий пассажиров по факту, примерно соответствует заявленному по количеству и вместимости только на 48 коммерческих маршрутах из 119 [2]. Стремление осуществлять регулирование рынка транспортных услуг сталкивалось с противодействием частных перевозчиков, чему способствовало отсутствие до настоящего времени Федерального закона о регулировании рынка транспортных услуг. До июля 2015 года, пока не был принят Федеральный закон о пассажирских перевозках, отсутствие у администрации возможностей по регулированию рынка, правовых рычагов для развития данного сектора рынка транспортных услуг было одной из основных проблем общественного транспорта в городе Омске. Федеральный закон, принятый 8 ноября 2007 г. № 259-ФЗ «Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта» не регламентирует проведение конкурса для перевозчиков. Необходимость проводить конкурсы для отбора коммерческих перевозчиков для повышения эффективности обслуживания общественным пассажирским транспортом и легализации деятельности перевозчиков не была обеспечена в правовом плане. Перевозчики вполне могли противодействовать решениям администрации города. Действия операторов в таких условиях отличаются от цивилизованного рыночного поведения, в частности операторы могут самопроизвольно изменять схемы маршрута без согласования с администрацией, выходить на маршрут без договора с администрацией. При этом эти действия могут существенно затрагивать интересы других операторов, работающих на рынке. Именно поэтому Федеральный закон, который мог бы способствовать упорядочению вопросов в сфере пассажирских перевозок и развитию конкурентоспособного рынка услуг, становился с каждым годом всё более необходимым.

В июне 2015 года тариф на муниципальном транспорте при поездке на автобусах большой вместимости уравнился с тарифом на проезд в коммерческих автобусах, где выше скорость сообщения и меньше интервалы движения. Это произошло за счёт снижения тарифа на перевозки маршрутными такси, Региональная Энергетическая Комиссия определила, что тариф в 20 рублей для мар-

шрутных такси является необоснованно завышенным. Следует отметить, что в 2014 году также происходило выравнивание стоимости проезда для пассажиров на городском общественном транспорте. Тогда это осуществлялось за счёт повышения тарифа на муниципальном транспорте под предлогом роста затрат муниципальных предприятий и невозможности их компенсации из бюджета, так как субсидии для городского пассажирского транспорта в Омске за последние годы значительно сократились. В результате этого произошло перераспределение пассажиропотоков в пользу маршрутных такси, что привело к ещё большему сокращению доходов в муниципальных предприятиях. Муниципальные предприятия для снижения затрат и сохранения интервалов на одних маршрутах вынуждены передавать некоторые маршруты на обслуживание частным перевозчикам. Таким образом, коммерческие перевозчики выполняют обслуживание 30 маршрутов совместно с муниципальными предприятиями, при этом вопросы координации муниципального и коммерческого транспорта не решены в полной мере.

### **Перспективы реализации Федерального закона № 220-ФЗ в Омске**

Отсутствие правовой среды, а значит, и цивилизованной конкуренции на городском пассажирском транспорте стало причиной того, что у частных перевозчиков не было условий для повышения качества и эффективности обслуживания.

В 2015 году отмечается стагнация в области пассажирских перевозок городским общественным транспортом, однако начало новому этапу в развитии (рис. 1) положил Федеральный закон № 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации». Позитивные последствия применения закона могут проявиться только через некоторое время, спустя год и более, однако уже сейчас следует отметить те особенности закона, которые могут повлиять негативно на развитие пассажирских перевозок. Проекты Федерального закона, регламентирующего перевозки пассажиров автомобильным и городским наземным электрическим транспортом, разрабатывались, начиная с 2003 года, однако до 2015 года так и не были приняты.



## ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ



Рис. 1. Этапы реформирования системы общественного пассажирского транспорта в городе Омске [составлено авторами]

Новый порядок организации пассажирских перевозок, который предусматривается Федеральным законом 220-ФЗ от 13.07.2015г. «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации», говорит о том, что теперь в обязательном порядке должны заключаться контракты на основе открытых конкурсов по 44-ФЗ. Наиболее эффективно работает система при заключении контрактов на обслуживание маршрутов или на выполнение отдельных видов транспортных услуг по результатам конкурсного отбора, в настоящий момент это регламентируется 220-ФЗ. Право выполнения перевозок предоставляется по результатам конкурса [3].

Организация конкурсного допуска перевозчиков на маршрутную сеть должна осуществляться по стоимостным и качественным критериям путём отбора лучшего контракта на обслуживание пассажиров. При этом обычно в качестве ценового предложения рассматривается либо проездная плата, либо запрашиваемый объем бюджетного финансирования. Таким образом, возникает «конкуренция за рынок», т.е. за право предоставления транспортных услуг в течение ограниченного периода времени. Себестоимость транспортных услуг по контракту может значительно сократиться, а эффективность работы - повыситься [4,5].

Одно из новшеств, вводимых законом, это разделение перевозок на два вида: Перевозки по регулируемым тарифам и Перевозки по нерегулируемым тарифам. Осуществление регулярных перевозок по регулируемым тарифам предусматривает предоставление льгот на проезд и обеспечивается посредством заключения государственных или муниципальных контрактов в порядке, установленном законодательством Российской Федерации о контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд. Регулярные перевозки по нерегулируемым тарифам осуществляются с применением тарифов, установленных перевозчиком. Как подтверждение права на осуществление перевозок перевозчикам выдаются свидетельства об осуществлении перевозок и карты маршрута регулярных перевозок.

Организация перевозок по нерегулируемым тарифам осуществляется по итогам открытого конкурса, но при этом Федеральный закон № 220-ФЗ предусматривает переходный период.

Для осуществления пассажирских перевозок стало недостаточно одной лицензии на работу. В статье 14, пункте 2 220-ФЗ сказано: «осуществление регулярных перевозок по регулируемым тарифам обеспечивается посредством заключения уполномоченным органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации или уполномоченным органом местного самоуправления либо иным государственным или муниципальным заказчиком государственных или муниципальных контрактов ...».

Пункт 5 той же статьи предусматривает возможность выбора способа расчётов с перевозчиками: заключать контракты можно как по валовой, так и по чистой стоимости услуг. Безусловно, это расширяет права уполномоченных органов в области пассажирских перевозок. Контракт по валовой стоимости услуг предусматривает перечисление транспортной администрации всей выручки от оплаты проезда. Транспортная администрация оплачивает оператору выполненную транспортную работу в соответствии с предложенной им ценой. В этом случае ценовая конкуренция операторов основывается на предложении лучшей цены за единицу транспортной работы в конкурсных заявках. Недостатком является отсутствие заинтересованности операторов в организации эффективных систем сбора проездной платы. Контракт по чистой стоимости услуг предусматривает ответственность оператора и за доходы и за расходы. При этом лучшее конкурсное предложение операторов отбирается либо по критерию наименьшего объема бюджетных субсидий, либо по критерию наименьшей проездной платы. Использование контрактов по чистой стоимости услуг включает в себя убыточные составляющие (при работе в межпиковое время, выходные дни), заставляет операторов прибегать к агрессивным формам конкуренции за пассажира на маршрутах, имеющих общие участки движения.

Победителю конкурса должно быть выдано свидетельство об осуществлении перевозок по муниципальному маршруту, на каждое транспортное средство из конкурсной заявки выдаются карты маршрута (статья 19 220-ФЗ). Департамент транспорта может аннулировать свидетельство через суд в случае неоднократного нарушения п.3-5 ст.11.33 КоАП в течение года [3]. Таким образом, обязанности администрации города Омска в области пассажирских перевозок теперь регламентируются.

Требования к перевозчикам при участие в конкурсе определены ст. 23, ч.1 п.2 так: «наличие на праве собственности или на ином законном основании транспортных средств, соответствующих требованиям, указанным в реестре маршрута регулярных перевозок... либо принятие на себя обязательства по приобретению таких транспортных средств в сроки, определенные конкурсной документацией», то есть перевозчик вполне может пообещать приобрести транспортные средства, ему необязательно иметь их в наличии.

Законом [3] установлено, что регион или муниципалитет сам разрабатывает шкалу оценки критериев конкурсного отбора, по которым и выбирается победитель, это может быть: количество ДТП с жертвами или причинением вреда здоровью пассажирам за прошлый год в расчёте на одно транспортное средство; опыт работы в перевозках, подтверждённый исполнением контрактов; характеристики транспортных средств; влияние на качество перевозок (наличие кондиционера, низкого пола, ... и иные характеристики); максимальный срок эксплуатации транспортного средства в течение срока действия свидетельства. Таким образом, критерии определены недостаточно ясно – существуют и «иные характеристики», требования к подвижному составу могут быть определены местной администрацией. Если критерии и указаны, то значимость одного относительно других в законе не определяется. Среди указанных критериев отсутствуют те, что в значительной степени могут повлиять на качество перевозок и эффективность работы системы в целом.

По нашему мнению, в качестве критериев могут быть использованы также следующие параметры: обслуживание пассажиров по единым проездным и льготным транспортным картам для повышения качества обслуживания; минимальный тариф или минимальный объём запрашиваемых субсидий для сокращения дотаций из бюджета; осуществление контроля работы операторов в рамках центральной диспетчерской службы; наличие собственной производственной базы для содержания и обслуживания подвижного состава. По статье 24 если ни одна заявка не соответствует требованиям конкурсной документации или никто не подал заявку на конкурс, то администрация вправе закрыть маршрут или повторить конкурс. Это предоставляет уполномоченным органам возможность сокращать нерентабельные, но при этом социально значимые маршруты, что может нега-

тивно сказаться на качестве обслуживания. Если маршрут является социально значимым, следует предусмотреть необходимый объём дотаций для маршрута, чтобы повысить его привлекательность и провести конкурс повторно.

Перевозчик должен направлять в администрацию ежеквартальные отчёты о своей деятельности (ст. 37), однако при этом перевозчик вполне может предоставлять недостоверные сведения, чтобы скрыть определённые данные в целях сохранения «выгоды» при работе на маршруте, о контроле сведений ничего не сказано.

*Для работы коммерческих перевозчиков обязательно нужен контроль выполнения обязательств.* Процесс вовлечения частных операторов в систему городского пассажирского транспорта состоит в том, чтобы заставить их выполнять все положенные законодательством обязательства, регулярно платить налоги, отказаться от несправедливой конкуренции на маршрутах, обеспечивать соблюдение требований по безопасности движения и охране окружающей среды. Контроль за соблюдением условий контракта может осуществляться с помощью системы диспетчерского управления. Следует ввести материальные стимулы за улучшение качества посредством выплаты премиальных в зависимости от соблюдения некоторых показателей или штрафные санкции за невыполнение плана перевозок. Наказание может принимать форму штрафов, отказа в пролонгации контракта, прекращения контракта, дисквалификации или отстранения от дальнейшего участия оператора на рынке [6,7].

*Для формирования цивилизованных конкурентных отношений в сфере пассажирских перевозок общественным транспортом и обеспечения возможности беспрепятственного регулирования рынка необходимо развитие правовой среды.* На федеральном, региональном и муниципальном уровне должны быть приняты взаимодополняющие законы и нормативно-правовые акты, разработанные на основе Федерального закона Российской Федерации от 13 июля 2015 года № 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации». Необходимо *работать* над тем, чтобы сформировалась правовая практика по успешному применению законов. При условии совершенствовании правовой системы станет возможным определение прав и обязанностей опе-

раторов и уровней властей, порядка допуска на рынок, определение механизмов конкурсного распределения маршрутов.

В секторе общественного пассажирского транспорта важны чёткие механизмы формирования конкурентной среды, которые должны быть подкреплены нормативно-правовыми актами и должны обеспечивать справедливость и прозрачность конкурсных процедур на основе чётких критериев отбора операторов. Методы поощрения и наказания операторов при обслуживании маршрутной сети должны стать законными, только тогда они будут выполняться, что станет способствовать уходу с рынка нелегальных перевозчиков, которые не обеспечивают перевозочный процесс с надлежащим качеством обслуживания.

На рынке перевозок общественным пассажирским транспортом необходимо развивать условия формирования конкурентной среды автобусами большой вместимости. У подвижного состава большой вместимости должны быть определённые преимущества. В настоящее время микроавтобусы востребованы потому, что, по сравнению с автобусами большой вместимости, обеспечивают большую прибыль и меньшие инвестиционные риски. Для пассажиров крайне нежелательно сокращение автобусов малой вместимости, маршрутные такси в городе Омске несут функцию скоростного транспорта и существенно сокращают время доставки за счёт малых интервалов движения и более высокой скорости сообщения. В целом можно говорить о том, что подвижной состав малой вместимости несколько усугубляет экологические проблемы и проблемы безопасности дорожного движения, увеличивает нагрузку на транспортную сеть по сравнению с автобусами большой вместимости. Однако не стоит забывать, что ухудшение качества обслуживания за счёт значительного сокращения подвижного состава малой вместимости и, как следствие, исключения маршрутов, дублирующих друг друга, для большей наполняемости подвижного состава может привести к росту числа передвижений на личных автомобилях, негативные последствия от использования которых, очевидно, гораздо выше. В условиях рынка всегда существует реальная угроза монополизации, которая препятствует возможности достижения основных целей развития общественного транспорта. Очень важно не допустить монополизации рынка, так как в условиях монополии муниципальных или частных предприятий, зачастую не дается достигнуть основных целей разви-

тия общественного транспорта, решение социальных задач возможно только при значительных бюджетных субсидиях. Для перехода к регулируемому рынку должно быть усовершенствовано антимонопольное законодательство с целью обеспечения конкурентных преимуществ с установлением квоты на обслуживание маршрутов в размере 20...30 %. Количество лотов, в которых может участвовать один предприниматель или одна ассоциация, нужно ограничить для того, чтобы не потерять преимущества конкуренции. Одним из важных условий, в том числе по мнению перевозчиков, является наличие одного «хозяина» на маршруте, что позволяет избежать конкуренции за пассажира на маршруте и её негативных проявлений в виде «гонки» за пассажира [8].

### **Заключение**

В заключение следует сказать о том, что коммерческий транспорт охватывает всё большую долю пассажирских перевозок, но при этом для городского общественного транспорта в целом не определены критерии эффективности функционирования системы. Администрация должна разработать нормативно-правовые акты, дополняющие Федеральный закон, при этом определив критерии оценки заявок участников конкурса и шкалу их оценки с учётом условий эксплуатации в городе Омске. Реформы в сфере перевозок общественным пассажирским транспортом в городе Омске могут дать положительные результаты только после инициирования реформ в других областях, которые влияют на работу транспортной системы города, этому должен поспособствовать Федеральный закон № 220-ФЗ, принятый в июле 2015 года. Разработка комплексных мер по повышению эффективности функционирования системы общественного пассажирского транспорта повысит привлекательность городского транспорта для пассажиров, что повлечёт за собой рост объёмов перевозок общественным пассажирским транспортом. В условиях «нездоровой» рыночной конкуренции и отсутствия финансирования, в которых сейчас находится система городского пассажирского транспорта Омска, формирование конкурентной среды должно происходить поэтапно.

### **Библиографический список**

1. Постановление от 12 декабря 2012 г. N 1605-п «Об утверждении маршрутов регулярных перевозок городской маршрутной сети» (в ред. Постановлений Администрации города Омска от 15.05.2013 N 486-п, от 29.07.2013 N 830-п, от 26.05.2014 N 695-п, от 18.12.2014 N 1787-п).

2. Каспер, М.Е. Исследование коммерческого сектора общественного пассажирского транспорта города Омска / М. Е. Каспер // *Фундаментальные и прикладные науки – основа современной инновационной системы* [Электронный ресурс]: материалы международной научно-практической конференции. – С. 72 – 79. – Электрон. дан. – Омск: СибАДИ, 2015. – Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/ESD1.pdf>, свободный после авторизации.

3. Федеральный закон Российской Федерации от 13 июля 2015 года № 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации».

4. Блудян Н. Реформирование пассажирского транспорта / Н. Блудян // *Автомобильный транспорт*. – 2005. – № 2. – С. 29.

5. Криницкий, Е.Е. Пассажирский транспорт: организация и порядок / Е.Е. Криницкий // *Автомобильный транспорт*. – 2008. – №4. – С. 34-37.

6. Корчагин, В.А. Регулирование рынка услуг городского транспорта / В.А. Корчагин, А.В. Гринченко // *Грузовое и пассажирское автохозяйство* – 2008. – № 7 – С 20-23.

7. Омские маршрутки: 15-летний диалог властей и перевозчиков [Электронный ресурс] / Супер Омск. – Режим доступа: <http://superomsk.ru/news/13782>, свободный. (Дата обращения: 04.04.2015г.)

8. Сорокин, С.В. Обоснование и основные условия формирования рынка транспортных услуг в г. Омске (статья № 43) / С.В. Сорокин // *Технология, организация и управление автомобильными перевозками: сборник научных трудов*. – Омск: СибАДИ – 2010. – № 3. – С. 222 – 229.

#### PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF PUBLIC TRANSPORT OF THE CITY OF OMSK

S.V. Sorokin, M.E. Kasper

**Abstract.** This article tells us the problem of the lack of legal instruments to regulate the commercial transport. Discusses the adoption of a new law regulating legal relations in the field of public passenger transport at the federal level. The article is devoted to the study of the advantages and disadvantages of the law, taking into account the conditions of operators in Omsk. On the basis of the Federal Law the authors proposed amendments to the law that can be made at the regional level by the local administration. The article presents views on and summarizes the practical experience.

**Keywords:** urban public passenger transport, the federal law, the carrier, the contract, the criteria of competitive selection.

#### References

1. Resolution of December 12, 2012 N 1605-p "On approval of the routes of regular city traffic route network" (as amended. Decree of the Administration of Omsk city from 15.05.2013 N 486-p from 29.07.2013 N 830-p from 26.05.2014 N 695-p from 18.12.2014 N 1787-p)

2. Kasper M.E. Issledovanie kommercheskogo sektora obshhestvennogo passazhirskogo transporta goroda Omska [A study of the commercial sector of public transport of the city of Omsk]. *Fundamental'nye i prikladnye nauki – osnova sovremennoj innovacionnoj sistemy: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, Omsk: SibADI, 2015, pp 72 – 79.

3. The Federal Law № 220-FZ "On organization of regular transportation of passenger and baggage by road transport and urban land-electric transport in the Russian Federation ..."

4. Bludjan N. *Reformirovanie passazhirskogo transporta* [Reform of passenger transport]. *Avtomobil'nyj transport*, 2005, no 2. pp. 29.

5. Krinickij E.E. *Passazhirskij transport: organizacija i porjadok* [Passenger transport: the organization and procedure]. *Avtomobil'nyj transport*, 2008, no 4. pp. 34-37.

6. Korchagin V.A., Grinchenko A.V. *Regulirovanie rynka uslug gorodskogo transporta* [Regulation of urban transport services]. *Gruzovoe i passazhirskoe avtohozajstvo*, 2008, no 7 pp. 20-23.

7. Omsk buses: 15-year-old dialogue between the authorities and carriers [Omsk minibuses: 15 years' dialogue of the authorities and carriers]. *SuperOmsk*. Available at: <http://superomsk.ru/news/13782>, svobodnyj. (accessed 04.04.2015)

8. Sorokin S.V. *Obosnovanie i osnovnye uslovija formirovanija rynka transportnyh uslug v g. Omske (stat'ja № 43)* [Rationale and basic conditions for the formation of the market of transport services in the city of Omsk]. *Tehnologija, organizacija i upravlenie avtomobil'nymi perevozkami: sbornik nauchnyh trudov*, 2010, no 3. pp. 222 – 229.

*Сорокин Сергей Владимирович (Россия, Омск) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте», ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: sorsvsibadi@mail.ru).*

*Каспер Мария Евгеньевна (Россия, Омск) – аспирант, научная направленность «Управление процессами перевозок», ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: amka13x689x@mail.ru).*

*Sergey V. Sorokin (Russian Federation, Omsk) – candidat of economic sciences, associate professor Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5, Omsk, e-mail: sorsvsibadi@mail.ru).*

*Maria E. Kasper (Russian Federation, Omsk) – graduate student, the scientific direction "Management of processes of transportations", Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5, Omsk, e-mail: amka13x689x@mail.ru).*

УДК 656.1

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТУПНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ

К.Э. Сафронов, С.М. Мочалин  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** *Качество транспортного обслуживания пассажиров городским транспортом складывается из нескольких показателей – стоимость, скорость, безопасность, комфортность, надежность, чистота, культура обслуживания, информационное обеспечение, экологичность. Все большее значение в последнее время придается доступности общественного транспорта для инвалидов и маломобильных групп населения. Статья посвящена методике обеспечения доступности различных видов пассажирского транспорта, которая включает выбор форм транспортного обслуживания и подвижного состава.*

**Ключевые слова:** *адаптация, доступная среда, транспортная инфраструктура, подвижной состав, инвалиды, маломобильные группы населения, эффективность.*

#### Введение

Современное состояние транспортных систем общественного транспорта большинства городов РФ не отражает в полной мере потребности экономики и населения по многим показателям, об этом красноречиво говорят цифры статистики. Известно, что мобильность населения РФ в 2 раза ниже, чем в странах ЕС и в 3 раза ниже, чем в США. При этом за 2013 год, число городов и поселков городского типа в РФ, имеющих внутригородское сообщение, сократилось за последние 10 лет на 25% [1]. Число сельских автобусных маршрутов уменьшилось на 22,8%, а их протяженность – на 27,8%. До 55% сократилась перевозка пассажиров автобусами, до 26% – трамваями, до 24% – троллейбусами и до 83% – метрополитенами.

Среднесписочное количество подвижного состава за указанный период на междугородном, пригородном и внутригородском сообщениях сократилось почти на 30%. При этом к 2013 году несколько улучшилась возрастная структура автобусного парка – 27% находилась в эксплуатации до 5 лет. Сложнее ситуация обстоит с электротранспортом: 67% трамвайных вагонов эксплуатируются более 20 лет, 50% троллейбусов – более 10 лет. Коэффициент использования трамваев упал до 63%, троллейбусов – до 71%. Степень износа основных фондов организаций автомобильного пассажирского транспорта в 2013 году составила 55,5%. Индексы тарифов на услуги пассажирского транспорта ежегодно увеличивались в среднем на 18-20%, несмотря на это сальдированный финансовый убыток автобусного пассажирского транспорта, подчиняющегося расписанию, в 2013 году составил -5,7 млрд. руб. Это говорит о том, что у муниципального автобусного транспор-

та коммерческие перевозчики забирают часть прибыли, но не отчитываются за нее. Это подтверждают данные о работе городского электротранспорта, у которого нет конкурентов и который оказался в плюсе на +1,2 млрд. руб. В советский период основная доля пассажирских перевозок осуществлялась общественным транспортом, но потом пассажирские потоки стали постепенно перераспределяться на коммерческий и индивидуальный транспорт, при этом остался не решенным вопрос с транспортным обслуживанием инвалидов и маломобильных групп населения. Существовавшая ранее муниципальная система общественного транспорта не предусматривала их обслуживание. Подвижной состав, остановочные комплексы, автостанции и автовокзалы, железнодорожные вокзалы и станции, аэропорты, порты и др. линейные объекты транспортной инфраструктуры не были доступны. Под доступностью следует понимать отсутствие непреодолимых препятствий для инвалидов и маломобильных групп населения и приспособленность к их обслуживанию.

Об актуальности обеспечения доступности систем городского общественного транспорта говорит тот факт, что в России проживает около 35 млн. маломобильных граждан. Это тот потенциал, который в силу недоступности самого транспорта не может им воспользоваться, при этом потери несут все стороны: потребители не получают услуги, транспортники доходы, муниципалитеты налоги, производство – трудовые ресурсы.

Предпринимаемые в настоящее время меры не дают ощутимых результатов, поэтому необходимо совершенствовать подходы к обеспечению доступности среды и системы городского общественного транспорта.

### **Законодательный уровень**

Если раньше принятию законодательных актов предшествовала серьезная подготовка, включающая оценку необходимых на их реализацию кадров, ресурсов и времени, то в настоящее время решение данных вопросов часто закладывается в сами законодательные акты. Российская Федерация в 2012 году ратифицировала Конвенцию ООН о правах инвалидов и взяла на себя обязательства по обеспечению доступности среды для инвалидов и маломобильных групп населения [2]. В связи с этим с 1 января 2016 года вступает в силу Федеральный закон, предусматривающий внесение изменений в 24 федеральных закона РФ. Эти изменения направлены на повышение требований и ответственности за формирование доступности во всех сферах жизнедеятельности [3]. В частности, статья 19 предусматривает дополнить Устав автомобильного транспорта статьей 21.1 "Перевозка и особенности обслуживания пассажиров из числа инвалидов". Из нее следует, что пассажирам из числа инвалидов должны обеспечиваться условия доступности их перевозки и перевозки их багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом.

В СИБАДИ с 2004 года ведутся исследования, посвященные организации транспортного обслуживания инвалидов, которые можно использовать при реализации новых требований на отдельных видах общественного транспорта.

### **Выбор форм транспортного обслуживания**

Между численностью населения города и транспортной подвижностью населения существует прямая зависимость. В свою очередь, от объема перевозимых пассажиров зависит выбор форм транспортного обслуживания – доступный общественный транспорт, социальное такси, индивидуальный транспорт, пешеходное движение. При этом должна ставиться задача обеспечить доступность существующих видов транспорта, если это не возможно, то организовать новые. Транспортная система является связующим звеном в системе "жилье – среда – транспорт – объекты" и от ее доступности зависит реализация потребностей всего населения [4].

Транспортная подвижность населения, по данным новой редакции государственной программы «Развитие транспортной системы», составит в 2020 году 5,5 тыс. пасс.-км в год на 1 жителя (ожидается рост транспортной подвижности населения по отношению к уровню 2011 года на 56,6%) [5]. Выбор форм

транспортного обслуживания основан на анализе статистических данных и социологических опросов по региональным центрам России. Больше половины опрошенных в 2008 году в г. Омске инвалидов высказались за появление на городских маршрутах низкопольных автобусов, чуть меньше за организацию специализированного автобусного маршрута и 22% склонились к организации службы социального такси. Велик процент и тех, кто хотел бы самостоятельно реализовать свои транспортные потребности, используя индивидуальный транспорт или электрифицированные коляски (скутеры).

*Пешеходное движение.* Организация пешеходного движения подразумевает формирование тротуарно-тропиночной сети, адаптированной к потребностям инвалидов всех категорий (по слуху, по зрению и колясочников) и не имеющей барьеров на путях передвижения. Такую сеть трудно позиционировать с одним элементом среды жизнедеятельности, т.к. она может относиться как к городской среде, так и к транспортной инфраструктуре. Безбарьерная среда позволяет передвигаться на колясках, велосипедах, роликах и т.д. Минимальная ширина пути движения для двустороннего движения должна составлять 2 м, для слабовидящих по краям делается отбортовка или тактильная разметка. По пути формирования пешеходных зон идут многие европейские города с исторически сложившейся застройкой. Эффект от этого проявляется в предпочтении при использовании общественного транспорта, уменьшения гибели и травматизма при ДТП, снижении экологической нагрузки на город. По справедливому мнению профессора В.В. Шештокаса, "...улучшение условий движения людей с ограниченными физическими возможностями требует не столько средств, сколько внимания" [6]. В целом безбарьерная среда дает возможность людям больше двигаться, работать, отдыхать и заниматься спортом, способствует интеграции инвалидов в общество.

*Индивидуальный транспорт.* В нашей стране неоднократно предпринимались попытки организовать транспортное обслуживание людей с ограниченными возможностями. В советский период пытались повысить мобильность инвалидов с помощью индивидуального специализированного транспорта, обеспечение которым в настоящее время прекращено. В стране так и не был создан транспорт для инвалидов, надежный и доступный по цене. Сейчас многие инвалиды предпочитают поль-

зоваться автомобилями с автоматической коробкой передач, что упрощает их управление.

При использовании личного транспорта у многих возникают проблемы, связанные с парковкой и хранением, особенно у инвалидов. Специальные места для хранения машин инвалидов предусмотрены не везде, но даже там где они выделены и обозначены знаками и разметкой, они зачастую, бывают заняты несознательными водителями, хотя за такое нарушение предусмотрен штраф до 5 тыс. рублей. Получить бесплатное место на платных стоянках для временного хранения удается с трудом, хотя такое право закреплено за инвалидами законодательством.

*Социальное такси.* Во многих городах для лиц с ограниченными возможностями организована служба социального такси, услуги которой становятся все более востребованы. Например, в Омской области служба функционирует с 2006 года. За 2013 году было оказано уже 16,7 тыс. транспортных услуг из них 55% это поездки в медицинские учреждения, 40% – в культурно-бытовые, торговые и спортивные объекты, 2% – в организации ЖКХ, 1% – в органы соцзащиты и 2% – прочие поездки.

Чаще других социальным такси пользуются инвалиды I и II групп – на их долю приходится около 40% заказов. На 2-м месте ветераны труда – 22% заявок. Для перевозки колясочников используются микроавтобусы, оснащенные подъемниками. Кроме того, часть машин оснастили гусеничными подъемниками, позволяющими доставлять колясочника на любой этаж. Для перевозки 10 и более человек службой предоставляется автобус с подъемником. В небольших населенных пунктах услуги социального такси зачастую не имеют альтернативы и являются единственным способом передвижения для инвалидов.

*Общественный транспорт.* Повышению качества транспортного обслуживания посвящены работы многих исследователей. В восьмидесятих годах прошлого века А.И. Беззубов предлагал использовать следующие критерии оценки качества транспортного обслуживания: "затраты времени населения на передвижения, комфортность перевозок, основные технико-экономические показатели работы автотранспортных хозяйств" [7]. Вместе с тем, уже тогда отмечались трудности экономической оценки свободного времени населения при обосновании проектных решений по развитию транспортных систем городов. О.К. Кудрявцев в 1978 году отмечал, что

"более 30% населения вообще не передвигается по городу (дети младшего возраста, наивысшие возрастные группы, инвалиды)" [8]. Качество транспортного обслуживания пассажиров городским транспортом складывается из нескольких показателей – стоимость, скорость, безопасность, комфортность, надежность, чистота, культура обслуживания, информационное обеспечение, экологичность. Одним из факторов повышения качества, а значит и эффективности является доступность городских транспортных систем для инвалидов и маломобильны граждан, которая складывается из доступности подвижного состава и транспортной инфраструктуры, в которую входит маршрутная сеть, линейные объекты, пешеходная сеть.

### **Выбор подвижного состава для перевозки инвалидов**

Перед перевозчиками встает нелегкий вопрос выбора подвижного состава при пополнении или обновлении парка. Транспортные средства и их модификации, предназначенные для перевозки инвалидов, должны отвечать требованиям стандартов по доступности и безопасности для инвалидов, а также требованиям нормативных документов на данные виды транспортных средств, утвержденных в установленном порядке, в том числе по безопасности. Конструкция транспортных средств должна обеспечивать беспрепятственный доступ в пассажирское помещение (салон) и безопасную поездку в нем инвалидов, передвигающихся самостоятельно или с сопровождающим лицом. Выбор подвижного состава общественного транспорта для обслуживания инвалидов должен учитывать его стоимость и специфику условий эксплуатации [9]. На сегодняшний день известны два основных типа доступного подвижного состава – высокопольные модели, оборудованные подъемниками и низкопольные (полунизкопольные), оснащенные рампой.

#### *Автобусы с подъемными устройствами*

На начальном этапе организации транспортного обслуживания инвалидов выбор доступных моделей был ограничен, поэтому для решения поставленной задачи по организации инвалидного маршрута в г. Омске, в 2005 году были приобретены 2 стандартные модели автобусов, оборудованные на заводе подъемными устройствами с электроприводом и проводным пультом.

Специалистами СибАДИ при содействии департамента транспорта Администрации г. Омска и руководства ПАТП-9 было проведено тестирование автобуса марки ЛиАЗ-5256и



(рис.1). Тест показал, что автобусы удовлетворяют требованиям безопасности при перевозке инвалидов в креслах-колясках. В салоне автобусов имеются места для крепления колясок, места складирования складных колясок, места для колясочников и их сопровождающих снабжены ремнями безопасности. Подъемник автобуса был установлен в проеме средней двери и оборудован страховочным ремнем безопасности, отсутствие которого блокирует его работу. Площадка подъемника оборудована блокировкой, которая открывается при касании о ровную поверхность. При движении автобуса подъемник остается заблокированным. Салоны оборудованы электронными табло с бегущей строкой, кнопками для связи с водителем, дополнительными поручнями и эффективной системой отопления.

На тестовом рейсе проводился хронометраж процессов посадки-высадки инвалидов-колясочников. Полный цикл посадки 1 пассажира на коляске занял в среднем 89 с, на посадку каждого последующего дополнительно уходило 46 с. Высадка 1 пассажира занимала в среднем 100 с, высадка каждого последующего – 48 с. На высадку 1 и посадку 1 пассажира требовалось 123 с.



Рис. 1. Тест автобуса ЛиАЗ-5256 «Инвалидный», процесс посадки колясочника, г. Омск, июль 2005 г

К преимуществам автобусов с подъемниками можно отнести возможность производить посадку-высадку пассажиров с уровня проезжей части и с площадки, не зависимо от ее высоты. Однако были сделаны выводы о том, что для массового использования такие автобусы не приспособлены. Это связано со сложностью механизма подъемника, не рассчитанного на многократное использование и длительностью процесса посадки/высадки. Лучшее применение для них – обслуживание инвалидов-колясочников, например, коллективное посещение театра, выезд на природу и т.д.

### *Полунизкопольные автобусы*

В России на законодательном уровне закреплено требование производить автобусы с низким уровнем пола салона, большую популярность при этом получили полунизкопольные автобусы, которые удобны, чем высокопольные, и в то же время в них сохранена традиционная конструкция заднего моста. Первый полунизкопольный автобус ЛиАЗ-5293 поступил в г. Омск для испытаний весной 2009 года, он предназначен для крупных городов с интенсивным пассажиропотоком. Низкий уровень пола в передней и средней частях салона обеспечивают удобную посадку и высадку пассажиров, что значительно сокращает время обслуживания.

Салон транспортного средства оснащен надписями, иной текстовой и графической информацией, выполненной крупным шрифтом, в том числе с применением рельефно-точечного шрифта Брайля, имеет кнопки связи с водителем, крепление кресел-колясок с помощью ремней безопасности, места с мягкими панелями и поручни. Откидная рампа представляет собой квадрат из армированного легкосплавного металла толщиной 15 мм и со стороной 800 мм, без ограничительных бортиков (в представленных моделях). Ее поднятие осуществляется на остановках водителем с помощью складной ручки. К достоинствам автобуса следует отнести систему кнелинга (приседание подвески), которая позволяет автобусу с помощью пневмопривода наклоняться на 120 мм, что расширяет возможности его использования и снижает требования по подготовке маршрутной сети.

### *Низкопольные автобусы*

В Казани, например, большую популярность получили низкопольные модели автобусов. Такая компоновка дает возможность инвалидам и маломобильным пассажирам с меньшими затратами времени и сил попадать в салон, повышает надежность подвижного состава. Принципиальное отличие в конструкции низкопольного автобуса – продольное в заднем свесе расположение двигателя. Общая пассажировместимость такого автобуса – 120 пассажиров, в том числе – 22 посадочных места. Низкий уровень пола, большая накопительная площадка, оборудованная специальными креплениями для инвалидных колясок и аппарель для въезда/съезда, удобные антивандальные сидения позволяют комфортно себя чувствовать всем пассажирам. Значимых преимуществ данная модель для колясочников не имеет, т.к. дальше средней накопительной площадки в салоне они не перемещаются. К недостаткам следует отне-

сти их высокую стоимость и повышенные требования к обустройству остановочных комплексов и мастерству водителей, в противном случае колясочнику будет не просто без посторонней помощи попасть в салон.

К недостаткам обеих моделей можно отнести отсутствие боковой отбортовки ramпы. К тому же после нескольких лет эксплуатации таких автобусов в Омске появились проблемы с открыванием ramпы, из-за ее загрязнения и обледенения в зимнее время. После первых лет эксплуатации петли, на которых держится ramпа в некоторых автобусах прожавели и они потеряли прочность.

Таким образом, на смену громоздким подъемным устройствам пришли ramпы, простота которых поражает. Остается открытым вопрос, как повысить их надежность и кто должен помогать инвалидам. Водитель для этого должен оставить кабину, а кондукторы – это в основном женщины и им это вряд ли по силам. Решить эту проблему можно путем переноса посадочной площадки с ramпой для инвалидов к передней двери (рис. 2). Такие автобусы функционируют, в частности, в Калининграде: водитель, не выходя из кабины, осуществляет посадку инвалидов-колясочников на переднюю площадку, используя выдвижную аппарель и систему клинги. Современные модели оснащены технологиями, позволяющими автобусу приближаться к посадочной площадке за счет бокового смещения.



Рис. 2. Низкопольный автобус с ramпой в проеме передней двери, г. Калининград, 2014 г.

Инвалиды хотят быть максимально самостоятельными и лишний раз не хотят просить помощи. По данным открытых интернет источников, в Калининграде на 38-ми городских маршрутах работают 39 низкопольных автобусов, 18 низкопольных троллейбусов и 1 низкопольный трамвай, оборудованные для перевозки маломобильных групп населения, для колясочников это реальная возможность самостоятельно передвигаться по городу.

*Доступный электротранспорт*

Количество троллейбусных городов в России 90 с общим количеством маршрутов 954. В последние годы стали появляться новые модели троллейбусов и трамваев, предназначенные для перевозки инвалидов. Например, троллейбус ТРОЛЗА-5265 «Мегаполис» представляет собой двухосный троллейбус большой вместимости с жесткой базой и низким уровнем пола 360 мм. Базовая модель троллейбуса оснащена комплектом тягового электрооборудования с транзисторно-импульсным регулятором и микропроцессорным управлением, что обеспечивает тихий и плавный ход.

Трамвайные системы функционируют в 87 городах России. Трамвайные вагоны дороже, чем автобусы и троллейбусы, но эксплуатироваться они могут гораздо дольше. Например, если срок службы автобусов и троллейбусов составляет в среднем 15 лет, то вагон трамвая (стоимость которого в два с половиной раза выше) может эксплуатироваться более 40 лет. Вместимость трамвая больше, обслуживание дешевле. В связи с конструктивными особенностями в компоновке трамвайных вагонов для этих целей применяют переменный уровень пола. Самый первый частично низкопольный трамвайный вагон появился в России в 2000 г. Трамвай КТМ-5, работавший рельсошлифовщиком был переделан, его заднюю площадку понизили и оборудовали откидной ramпой. Уже в 2006 г. ПТМЗ первым в России наладил серийный выпуск низкопольных вагонов. В Санкт-Петербурге работает больше сорока ЛМ-99АВН с низкопольной задней площадкой, их модификации есть в Казани, Таганроге, Твери и Одессе.

Подвижной состав метрополитена в последние годы выпускается с учетом доступности для инвалидов (вагоны «Русич», «Ладога» и т.д.). Проблема доступности метрополитенов в большей степени связана с доступностью самих станций. Подвижной состав других видов пассажирского транспорта требует отдельного рассмотрения.

При выборе подвижного состава следует учитывать состояние маршрутной сети и ее готовность к приему доступного транспорта. При этом неизбежно приходится расширять круг вопросов и включать в них проблемы формирования безбарьерной среды на прилегающих к остановкам территориях, пешеходных переходах и др. объектах.

### **Доля доступного транспорта**

В «Транспортной стратегии России до 2030 г.» предусмотрено совершенствование

## ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

парка пассажирских автотранспортных средств с целью улучшения условий перевозок инвалидов [10]. Доля парка подвижного состава городского транспорта общего пользования, оборудованного для перевозки маломобильных граждан в каждой новой редак-

ций стратегии меняется (таблица 1). Судя по всему, необходимо ориентироваться на консервативный вариант редакции 2014 года, хотя многое зависит от инициативы местных властей.

Таблица 1 – Задачи Транспортной стратегии России по обеспечению доступности парка ГПТ в редакциях 2008 и 2014 годов

Год	Исходный вариант (ред. 2008 г.)	Инновационный вариант (ред. 2014 г.)	Консервативный вариант (ред. 2014 г.)
2010	8%	8%	8%
2015	25%	12%	9%
2018	40%	16%	11%
2020	55%	20%	12%
2024	70%	28%	14%
2030	90%	55%	20%

В городе Омске система общественного транспорта представлена автобусом, троллейбусом, трамваем и разделена на муниципальный коммерческий. Муниципалитету принадлежит в основном транспорт большой вместимости, в котором доля доступного подвижного состава составляет 24%. Коммерческим перевозчикам в основном принадлежат микроавтобусы, которые не соответствуют требованиям доступностью (таблица 2).

В Омске и других крупных городах сложилась сложная ситуация из-за большого коли-

чества маршрутных такси. Транспортные системы таких городов как Новосибирск, Липецк, Елец, Казань избежали подобных проблем, не предоставив возможность перевозчикам переходить на автобусы особо малой вместимости. Там нет перегрузки улиц маловместительным и непроизводительным транспортом, а вопросы доступности решаются за счет обновления парка низкопольным подвижным составом большой вместимости.

Таблица 2 – Характеристика общественного транспорта г. Омска в 2015 году

Вид транспорта	Списочное количество, ед.	Работают на линии, ед.	Коэффициент выпуска, %	Доступный для инвалидов подвижной состав, ед.	Доля доступного подвижного состава, %
Автобусы	744	530	71%	141	27%
Троллейбусы	165	110	67%	20	18%
Трамваи	89	60	67%	4	7%
Всего:	998	700	70%	165	24%
Маршрутные такси*	4000	3000	75%	0	0%

\* - оценка департамента транспорта Администрации г. Омска

### Выводы

В ходе исследований сделаны выводы о необходимости дальнейшего развития городской транспортной системы с учетом доступности. Для обеспечения доступности транспортной инфраструктуры и услуг общественного пассажирского транспорта необходимо вести работу в направлении обеспечения доступности подвижного состава общественного транспорта и транспортных сооружений. Методика организации транспортного обслуживания инвалидов основана на комплексном подходе, обеспечивающим выявление и ликвидацию барьеров на путях передвижения в системе «жилье – среда – транспорт – объек-

ты обслуживания» и включает: выявление потребностей маломобильных групп населения, выбор форм транспортного обслуживания инвалидов, выбор подвижного состава, экспертную оценку уровня доступности, адаптацию маршрутной сети, транспортной инфраструктуры и линейных объектов, совершенствование системы управления, разработку технологии обслуживания инвалидов всех категорий, разработку стандартов и сертификацию качества доступности услуг, включение в перечень показателей качества доступности транспортных услуг.

Транспортная инфраструктура является связующим звеном в цепочке реализации че-

ловеческих потребностей и ее экономическая эффективность возрастает по мере увеличения доступности всей системы.

### Библиографический список

1. Основные показатели деятельности организаций транспорта в РФ, 2015. – URL: <http://www.gks.ru>.
2. Федеральный закон от 3 мая 2012 года № 46-ФЗ «О ратификации Конвенции о правах инвалидов».
3. Федеральный закон от 01 декабря 2014 года № 419-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам социальной защиты инвалидов в связи с ратификацией Конвенции о правах инвалидов".
4. Сафронов, К.Э. Концепция формирования доступной транспортной инфраструктуры городов России / К.Э. Сафронов // Вестник СибАДИ. – 2012. – № 4. – С. 145-153.
5. Государственная программа «Развитие транспортной системы», утверждена постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 года № 319.
6. Шештокас, В.В. Город и транспорт / В.В. Шештокас. – М.: Стройиздат, 1984. – 176 с.
7. Беззубов, А.И. Комплексная система организации и управления качеством пассажирских перевозок / А.И. Беззубов // Проблемы комплексного развития транспортных систем городов: тезисы докладов и сообщений Всесоюзного науч.-техн. семинара. – Минск, 1978. – С. 187-188.
8. Кудрявцев, О.К. К методике оценки свободного времени населения при обосновании проектных решений по развитию транспортных систем городов / О.К. Кудрявцев // Проблемы комплексного развития транспортных систем городов: тезисы докладов и сообщений Всесоюзного науч.-техн. семинара. – Минск, 1978. – С. 119-120.
9. Сафронов, К.Э. Требования к подвижному составу ГПТ для перевозки инвалидов / К.Э. Сафронов // Автомобили, специальные и технологические для Сибири и Крайнего Севера: материалы 59 Международной науч.-техн. конф. – Омск: СибАДИ, 2007. – С. 251-253.
10. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. / Министерство транспорта Российской Федерации. Москва. [Электронный ресурс]. – [В ред. 2008. 2014]. – URL: <http://www.mintrans.ru>.

### PROVIDING AFFORDABLE VARIOUS TYPES OF PASSENGER TRANSPORT FOR DISABLED

K.E. Safronov, S.M. Mochalin

**Abstract.** The quality of passenger transport services urban transport is made up of several indicators - the cost, speed, safety, comfort, reliability, cleanliness, service culture, information technology, environmental friendliness. All the more important given the recent availability of public transport for disabled people and people with limited mobility. The article is devoted to the method of ensuring the availability of dif-

ferent types of passenger transport, which includes the choice of forms of transport services and rolling stock.

**Keywords:** adaptation, accessible environment, transport infrastructure, rolling stock, the disabled, people with limited mobility, efficiency.

### References

1. Main indicators of transport organizations in the Russian Federation, 2015. Available at: <http://www.gks.ru>.
2. Federal Law of May 3, 2012 № 46-FZ "On ratification of the Convention on the Rights of Persons with Disabilities."
3. Federal Law of December 1, 2014 № 419-FZ "On Amendments to Certain Zuko-nodatelnye acts of the Russian Federation on the issues of social protection of disabled persons in connection with the ratification of the Convention on the Rights of Persons with Disabilities."
4. Safronov K. Je. Koncepcija formirovanija dostupnoj transportnoj infrastruktury go-rodov Rossii [The concept of the formation of affordable transport infrastructure of cities of Russia]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 4. pp. 145-153.
5. State program "Development of transport system", approved by the Government of the Russian Federation on April 15, 2014 № 319.
6. Sheshtokas V.V. *Gorod i transport* [City and transportation]. Moscow, Strojizdat, 1984. 176 p.
7. Bezzubov A.I. Kompleksnaja sistema organizacii i upravlenija kachestvom passazhirskih perevozok [A comprehensive system of organization and management of the quality of passenger transportation]. *Problemy kompleksnogo razvitiya transportnyh sistem gorodov: tezisy dokladov i soobshhenij Vsesojuznogo nauch.-tehn. seminar*, Minsk, 1978. pp. 187-188.
8. Kudrjavcev O.K. K metodike ocenki svobodnogo vremeni naselenija pri obosnovanii proektnyh reshenij po razvitiyu transportnyh sistem gorodov [By the method of valuation of leisure time in justifying the re-design solutions for the development of urban transport systems]. *Problemy kompleksnogo razvitiya transportnyh sistem gorodov: tezisy dokladov i soobshhenij Vsesojuznogo nauch.-tehn. seminar*, Minsk, 1978. pp. 119-120.
9. Safronov K.Je. Trebovanija k podvizhnomu sostavu GPT dlja perevozki [Requirements for the rolling stock for the transport of disabled ATG]. *Avtomobili, special'nye i tehnologicheskie dlja Sibiri i Krajnego Severa: materialy 59 Mezhdunarodnoj nauch.-tehn. konf.*, Omsk: SibADI, 2007. pp. 251-253.
10. Transport Strategy of the Russian Federation for the period up to 2030. Ministry of Transport of the Russian Federation. Moscow. Available at: <http://www.mintrans.ru>

Сафронов Кирилл Эдуардович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: [transistem@rambler.ru](mailto:transistem@rambler.ru)).

*Мочалин Сергей Михайлович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор, декан факультета «Экономика и управление» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: mochalin\_sm@mail.ru).*

*Safronov Kirill Eduardovich (Russian Federation, Omsk) – candidate the technical sciences, associate professor of The Siberian state automobile and highway*

*academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: transistem@rambler.ru).*

*Mochalin Sergei Mikhailovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor, Dean of the Faculty “Economics and Management” of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: mochalin\_sm@mail.ru).*

УДК 69.002.5

## ОБОСНОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ, ВЫПОЛНЕННЫХ ЦЕПНЫМИ ТРАНШЕЙНЫМИ ЭКСКАВАТОРАМИ

С.В. Сухарева, Р.Ю. Сухарев  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В статье предложены новые интегральные критерии качества переходных процессов систем автоматического управления, которые могут быть использованы в качестве критериев качества земляных работ, выполняемых траншейными экскаваторами. Применение данных критериев и критериев, основанных на следящих производных параметров траншеи, для оценки качества работ, выполняемых цепными траншейными экскаваторами, позволит проводить синтез САУ ЦТЭ на основе функциональной связи интегральных критериев с параметрами САУ.

**Ключевые слова:** траншея, критерий качества, экскаватор, цепной, трубопровод, управление, система.

### Введение

Траншеи являются временными выемками. После укладки в них трубопроводов, кабелей и т.п. траншеи засыпаются, поэтому их дефекты, отклонения от проектных норм в большинстве случаев остаются скрытыми для окружающих. Траншеи и каналы часто копают драглайнами или обратными лопатами. Однако при этом выемки получаются с неровными стенками и дном. Поперечное сечение выемки имеет значительно большие размеры, чем это требуется по условиям производства работ. Перед укладкой в них труб, кабелей и др. затрачивается большое количество ручного труда на выполнение зачистных работ. Иными словами качество земляных работ не соответствует требованиям проектной документации.

В настоящее время показатели качества траншей, канав и каналов различного назначения регламентируются требованиями СНиП по геометрической точности [1,2,3,4,5,6,7].

Отклонения продольного уклона водоотводных канав от проектного значения  $\pm 0,0005$ . Отклонения параметров дренажа от проектных не должны превышать: отметка устья коллектора или дрены  $\pm 0,03$  м; отклонения отметок дна траншеи для труб приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Отметка дна траншеи для труб /1,3/

Диаметр трубы, м	Отклонение отметки дна траншеи, м
0,05	Не более 0,015
0,07÷0,125	Не более 0,02
0,15÷0,25	Не более 0,03

Продольный уклон траншей на участках длиной 100 м  $\pm 0,0005$ .

Отклонения от проектного положения осей напорных трубопроводов не должны превышать  $\pm 1,0$  м в плане, отметок лотков безнапорных трубопроводов  $\pm 0,005$  м, отметок верха напорных трубопроводов  $\pm 0,30$  м [3]. При выполнении земляных работ цепными траншейными экскаваторами (ЦТЭ) благодаря минимальному сечению вырытой ими выемки, ровным стенкам и дну дополнительных зачистных работ обычно не требуется. Эти факторы в сочетании с повышенной в полтора-два раза, по сравнению с однокоровыми экскаваторами, производительностью позволяют в 2–2,5 раза снизить стоимость работ по рытью траншей и каналов. ЦТЭ является специализированной землеройной машиной непрерывного действия, обладающей активным рабочим органом (РО). Применение дополнительного оборудования

позволяет использовать ЦТЭ для различных целей, например [9]: прокладки трубопроводов различного назначения (газо- и нефтепровод, водопровод); прокладки кабеля; рытья каналов и прокладки дренажных систем; рытья траншей под фундаменты зданий и сооружений; нарезании щелей в мерзлом грунте для последующей его разработки; вскрытия трубопроводов при выполнении ремонтных работ.

Качество работ ЦТЭ определяется прямолинейностью, уклоном и ровностью дна траншеи (канала).

#### Интегральные критерии качества

Основным недостатком показателей качества траншей, представленных в СНиП, является невозможность их использования для дальнейшего совершенствования конструкций ЦТЭ и их систем автоматического управления (САУ).

В связи с этим, в качестве критериев качества, характеризующих неровности дна выемки, отклонения основных геометрических параметров траншеи от проектной документации, и одновременно качества САУ ЦТЭ предлагаются следующие интегралы [8]:

$$J_1 = \int_0^{\infty} \Delta x(t) dt; \quad (1)$$

$$J_2 = \int_0^{\infty} (\Delta x)^2 dt; \quad (2)$$

$$J_3 = \int_0^{\infty} \left[ (\Delta x)^2 + T^2 \left( \frac{d\Delta x}{dt} \right)^2 \right] dt, \quad (3)$$

где  $\Delta x = x(\infty) - x(t)$  – отклонение выходной величины  $x$  от значения  $x(\infty)$ , которое соответствует проектной документации;  $T$  – коэффициент, определяющий относительный вес слагаемых  $J_3$  от  $\Delta x$  и  $\frac{d\Delta x}{dt}$ .

В качестве независимой переменной может служить время движения ЦТЭ  $t$  или при  $V=const$  путь, пройденный ЦТЭ:

$$l = t \cdot V, \quad (4)$$

где  $V$  – поступательная скорость ЦТЭ.

Критерий  $J_1$  геометрически представляет собой заштрихованную площадь на рис. 1, а.

Переходный процесс, показанный на рисунке 1, а, вызван возмущением, например, наездом ЦТЭ на неровность или резким изменением силы реакции разрабатываемого грунта на РО. Переходный процесс на рисунке 1, б вызван изменением задающего воздействия на привод РО или наездом ЦТЭ на ступенчатую неровность. Чем меньше заштрихованная площадь, тем предпочтительнее переходный процесс [8].

Этот и остальные интегральные критерии качества могут быть использованы не только для оценки качества траншеи, но и при синтезе САУ для оптимизации варьируемых параметров. Абсолютное значение критерия  $J_1$  при этом не так важно. Используя готовые выражения для  $J_1$  и передаточные функции системы можно получить зависимости критерия  $J_1$  от варьируемых параметров САУ и найти их оптимальные значения.

Интегральный критерий  $J_1$  можно применять к системам, у которых переходные процессы не меняют знака, т.е. графики расположены строго выше или ниже оси абсцисс. Если же переходный процесс обладает колебательностью и меняет знак, то критерий  $J_1$  не может применяться, т.к. площади разных знаков будут вычитаться друг из друга. Например, ухудшение качества переходного процесса при незатухающих колебаниях (рис. 1, в) приведет к уменьшению  $J_1$  до нуля. Поэтому, при колебательных переходных процессах или знакопеременных отклонениях геометрических размеров траншеи (глубина, уклон и др.) целесообразно использовать квадратичный критерий  $J_2$ . Однако, выбор варьируемых параметров САУ по минимуму  $J_2$ , может привести к появлению большой колебательности. В этом случае можно перейти к интегральному критерию  $J_3$ .

Критерий  $J_3$  состоит из двух частей и может быть представлен в виде двух интегралов. Первый интеграл – это  $J_2$ , а второй – интеграл от скорости изменения  $\Delta x$ . Если при одном и том же значении площади, т.е. первого интеграла, замедлить процесс во времени, то второй интеграл уменьшится. Следовательно, минимум интегрального критерия  $J_3$  по сравнению с  $J_2$  будет соответствовать более медленному и менее колебательному процессу. При этом замедление процесса будет пропорционально величине  $T$  [8].

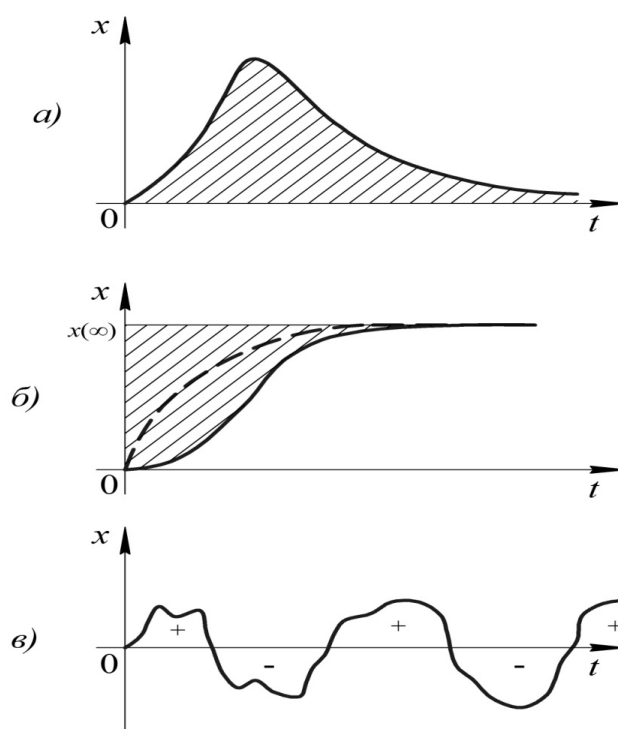


Рис. 1. Интегральные критерии качества

Разница между критериями  $J_3$  и  $J_2$  хорошо видна на рисунке 1, б. При использовании критерия  $J_2$  идеальным графиком переходного процесса будет ступенька высотой  $x(\infty)$ , а при использовании критерия  $J_3$  – экспонента  $\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)x(\infty)$  (штриховая кривая на рисунке 1, б). Математически это выглядит следующим образом:

$$J_3 = \int_0^{\infty} \left[ (\Delta x)^2 + T^2 \left( \frac{d\Delta x}{dt} \right)^2 \right] dt = \int_0^{\infty} \left( \Delta x + T \frac{d\Delta x}{dt} \right)^2 dt - \int_0^{\infty} 2T\Delta x \frac{d\Delta x}{dt} dt = (5)$$

$$= \int_0^{\infty} \left( \Delta x + T \frac{d\Delta x}{dt} \right)^2 dt - T[\Delta x(0)]^2.$$

Таким образом,  $J_3$  будет минимален при

$$\Delta x + T \frac{d\Delta x}{dt} = 0, \quad (6)$$

т.е. когда  $\Delta x(t) = \Delta x(0)e^{-\frac{t}{T}}$  или, так как  $\Delta x(t) = x(\infty) - x(t)$ , когда

$$x(t) = \left( 1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) x(\infty)$$

Можно использовать и более сложные интегральные критерии качества, основанные на второй и следующих производных от  $\Delta x$ . Их применение приблизит переходные про-

цессы САУ к кривым второго и более высоких порядков.

### Вывод

Интегральные критерии используются при исследованиях качества переходных процессов, вызванных основными воздействиями. Эти критерии позволяют учесть конкретную форму воздействия и начальные условия. Применение данных критериев для оценки качества работ, выполняемых цепными траншейными экскаваторами, позволит проводить синтез САУ ЦТЭ на основе функциональной связи интегральных критериев с параметрами САУ.

### Библиографический список

1. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
2. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП, 1986. – 72 с.
3. СНиП 2.05.13-90. Нефтепродуктопроводы, прокладываемые на территории городов и других населенных пунктов. – М.: Стройиздат, 1988. – 7с.
4. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения. – М.: ЦИТП, 1986. – 59 с.
5. СНиП 3.05.04-85. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации. – М.: ЦИТП, 1990. – 48 с.
6. СНиП 3.07.03-85. Мелиоративные системы и сооружения. – М.: ЦИТП, 1986. – 16 с.
7. СП 42-101-96. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб диаметром до 300 мм. – М.: Стройиздат, 1997. – 75 с.

8. Юревич Е.И. Теория автоматического управления. – 3-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 560 с.

9. Щербakov В.С. Совершенствование системы управления рабочим органом цепного траншейного экскаватора: монография / В.С. Щербakov, Р.Ю. Сухарев. – Омск: СибАДИ, 2011. – 150 с.

### JUSTIFICATION OF THE INTEGRATED QUALITY CRITERIA OF EARTHWORKS, MADE OF CHAIN TRENCH EXCAVATORS

S.V. Sukhareva, R.Y. Sukharev

**Abstract.** In article new integrated criteria of quality of transition processes of systems of automatic control which can be used as criteria of quality of the earthwork performed by trench excavators are offered. Application of these criteria and criteria based on the following derivative parameters of a trench for an assessment of quality of the works performed by chain trench excavators will allow to carry out synthesis of SAU TsTE on the basis of functional communication of integrated criteria with the SAU parameters.

**Keywords:** trench, quality, excavator, chain, pipeline, management, system.

### References

1. SNiP 2.04.02-84. Water. External networks and facilities. Moscow, Stroizdat, 1985. 136 p.

2. SNiP 2.04.03-85. Sewerage. External networks and facilities. Moscow, CИTP, 1986. 72 p.

3. SNiP 2.05.13-90. Pipelines laid on the territories of cities and other settlements. Moscow, Stroizdat, 1988. 7 p.

4. SNiP 2.06.03-85. Drainage systems and structures. Moscow, CИTP, 1986. 59 p.

5. SNiP 3.05.04-85. External networks and constructions of water supply and sanitation. Moscow, CИTP, 1990. 48 p.

6. SNiP 3.07.03-85. Drainage systems and structures. Moscow, CИTP, 1986. 16 p.

7. JV 42-101-96. The design and construction of gas pipelines from polyethylene pipes with a diameter up to 300 mm. Moscow, Stroyizdat publ., 1997. 75 p.

8. Yurevich E.I. *Teorija avtomaticheskogo upravlenija* [Theory of automatic control]. St. Peretsburg, BHV-Petersburg, 2007. 560 p.

9. Shcherbakov V.S. Sukharev R.Y. *Sovershenstvovanie sistemy upravlenija rabochim organom cepnogo transhejnogo jekskavatora* [Improvement of the control system working body of the chain trench excavator]. Омск: SibADI, 2011. 150 p.

*Сухарева Светлана Витальевна (Россия, Омск) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и управление предприятиями» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail sveta\_omsk2005@mail.ru).*

*Сухарев Роман Юрьевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail suharev\_ry@sibadi.org).*

*Sukhareva, Svetlana V. (Russian Federation, Омск) – candidate of economic Sciences, docent of Department "Economics and enterprise management" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Омск, Mira, 5, e-mail sveta\_omsk2005@mail.ru).*

*Sukharev Roman Y. (Russian Federation, Омск) – candidate of technical sciences, docent of the department "Automation of production processes and electrical engineering" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Омск, Mira, 5, e-mail suharev\_ry@sibadi.org).*



## РАЗДЕЛ II

# СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 666.965

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕМЕНТНЫХ ВЯЖУЩИХ С АКТИВНЫМ МИНЕРАЛЬНЫМ НАНОДИСПЕРСНЫМ КОМПОНЕНТОМ

Е.В. Войтович<sup>1</sup>, И.Л. Чулкова<sup>2</sup>, Е.В. Фомина<sup>1</sup>, А.В. Череватова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>БГТУ им. В.Г. Шухова, Россия, г. Белгород;

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

**Аннотация.** В работе исследовано влияние минерального нанодисперсного кремнеземсодержащего компонента на активность цементных вяжущих различных производителей. Предложен способ его введения в сырьевую смесь вяжущего. Различия в химическом составе цементов отражаются на особенностях взаимодействия с нанодисперсным компонентом. Оптимизация количества, особенности введения нанодисперсного компонента в цементную систему и условия твердения вяжущего позволяют регулировать его активность, способствуют интенсификации процессов гидратации клинкерных минералов, а так же связыванию портландита в дополнительное количество гидросиликатов кальция C-S-H, что в свою очередь приводит к упрочнению матричной структуры цементного камня. В комплексе повышение эффективности цементного вяжущего достигается за счет снижения количества клинкерной составляющей до 20% при максимальном повышении прочности композита до 20%.

**Ключевые слова:** нанодисперсность, вяжущее, эффективность, портландцемент, кварцевый песок, фазо- и структурообразование.

#### Введение

Современные тенденции производства строительных материалов направлены на проектирование высокоэффективных технологий создания вяжущих композитов с применением прогрессивных подходов и материалов. Одним из эффективных способов повышения качества вяжущего является получение композиционных вяжущих веществ с применением активных минеральных компонентов различного генезиса и дисперсности [1-4]. Подобные приемы направлены на решение задач увеличения объема гидравлических вяжущих, сокращения расхода клинкерной составляющей и получения материалов с новыми свойствами и с заранее заданной структурой. При этом в числе достигаемых эффектов отмечается связывание  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в дополнительное количество низкоосновных гидросиликатов кальция, позитивные изменения в соотношениях капиллярных и гелевых микропор, интенсификация ранней гидратации, регулирование температурных и объемных изменений в твердеющих композициях [5]. Весьма перспективным направлением

качественного изменения структуры композита является модификация их нанодисперсными материалами [6-9]. Нанотехнологические подходы модифицирования вяжущих позволяют направлено изменять физико-химические процессы при твердении вяжущего, улучшать физико-механические и придавать совершенно новые свойства готового строительного изделия. В связи с этим существует необходимость расширения комплекса исследований и применения при создании новых и совершенствования существующих технологий с применением нанотехнологической продукции. В настоящее время накоплен большой опыт применения различных типов нанодисперсных и наноструктурированных компонентов в вяжущих системах строительного назначения. Широко освещена в научной литературе эффективность применения наноструктурированного вяжущего (НВ) [10,11]. Это вяжущее полимеризационного типа твердения с существенной функционально структурообразующей ролью наносистемной компоненты, получаемое по технологии высококонцентрированных вяжущих систем. Специ-

фика технологии и структуры НВ позволяет использовать в качестве основного сырьевого компонента широкий спектр кремнеземсодержащих пород. В связи с этим произведены исследования горных пород различных генетических типов с учетом степени локализации залежей кремнеземсодержащих сырьевых материалов в различных регионах РФ с учетом возможного производства данного вяжущего [12]. Определены методы испытаний наиболее близкие для данных вяжущих систем, и предложена концепция мониторинга их свойств, отражающая последовательность регулирования основных параметров, их синтеза и определяющих качество конечного продукта с их использованием [13]. В тоже время, в некоторых регионах РФ отсутствует достаточная сырьевая база для производства портландцемента, и в целях экономии дорогостоящего клинкера добавляют различные виды местного техногенного сырья отходов

производств, что в свою очередь влияет на состав получаемого вяжущего.

Целесообразность данного исследования связана с изучением влияния минерального нанодисперсного компонента на фазо-и структурообразующую активность цементных вяжущих.

**Особенности модифицирования цементного вяжущего минеральным нанодисперсным компонентом**

Применяемый в работе минеральный нанодисперсный компонент (НК) представляет собой неорганическую полидисперсную, минеральную вяжущую систему, имеющую преимущественно силикатный состав и обладающую высокой концентрацией активной твердой фазы, с содержанием нанодисперсной составляющей в количестве 5–10% [4]. Данное вяжущее получено путем помола кварцевого песка по мокрому способу в шаровой мельнице. Основные свойства минерального НК представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные свойства минерального нанодисперсного компонента

№ п/п	Показатель	Единица измерения	Норма	Свойства
1	Предел прочности при сжатии	МПа	Не менее 3	4,5
2	Предел прочности при изгибе	МПа	Не менее 1,5	2,5
3	Плотность	кг/м <sup>3</sup>	2000–2250	2140
4	Дисперсность (остаток на сите № 0,0063)	%	Не более 1	0,89
5	Вязкость	Па·с	Не более 25	16,3
6	pH среды	pH	7–10	8
7	Влажность	%	14–20	14,5

С целью изучения влияния НК на активность цементных вяжущих, исследования выполняли на самой востребованной марки цемента ЦЕМ I 42,5 Н ГОСТ 31108-2003 «Белгородский цемент» г. Белгород и ОАО «Сухоложскцемент» г. Омск. При производстве

Белгородского цемента при помоле клинкера не вводят добавок, в случае с Сухоложским цементом при помоле клинкера добавляют ультракислую золу до 19%, полученную при сжигании Экибастузских углей, что отражается на химическом составе цемента (табл. 2).

Таблица 2 – Химический состав цемента

Производитель	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	CaO <sub>св</sub>	RO <sub>2</sub>	ппп
«Сухоложскцемент», Омск	28,03	8,57	4,75	54,74	2,25	0,51	0,02	1,13	1,02
«Белгородский цемент», Белгород	22,49	4,77	4,40	67,44	0,44	2,00	0,29	0,62	0,23

С целью получения однородной сырьевой смеси в работе был разработан оптимальный способ введения НК в состав вяжущего. Предварительно НК смешивали с общим количеством воды для затворения вяжущего и в виде суспензии вводили в цементно-песчаное вяжущее. Данный способ позволяет избежать агрегации нанодисперсных частиц. Так как НК

в исходном состоянии находится в виде суспензии, что не позволяет его предварительное введение как в цемент так в цементно-песчаную смесь (что характерно для большинства других вводимых компонентов смеси). Данный способ получения вяжущего позволяет равномерно ввести НК по всему объему смеси.

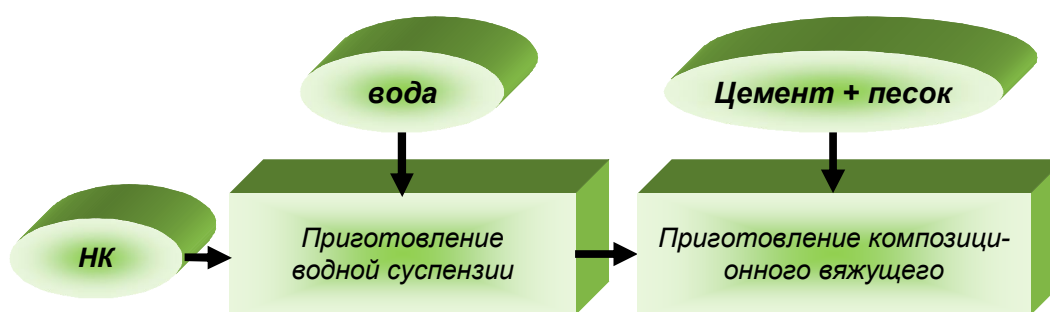


Рис. 1. Способ введения НК в вяжущее

Для определения активности вяжущего модифицированного НК, были заформованы стандартные образцы - балочки размером 40×40×160 мм. Испытания проводили на образцах вяжущего, состоящих из портландцемента и кварцевого песка, в соотношении 1:3 по массе при водотвердом отношении 0,5. НК вводился в количестве от 10 до 30% (в пересчете на сухое вещество) при замене цемента. В качестве контрольных образцов были

приняты составы без содержания НК. Образцы твердели в пропарочной камере по режиму 3+6+3 ч с изотермической выдержкой при температуре 85°С и в ванне с гидравлическим затвором при относительной влажности воздуха более 90 % согласно ГОСТ 310.4-81.

Прирост прочности при введении НК сопровождается повышением физико-механических свойств таблица 3, 4.

Таблица 3 – Кинетика изменения прочности вяжущего

№ п/п	При замене цемента на НК, %	На основе Белгородского цемента				На основе Сухоложского цемента			
		7 суток		28 суток		7 суток		28 суток	
		При изгибе, МПа	При сжатии, МПа	При изгибе, МПа	При сжатии, МПа	При изгибе, МПа	При сжатии, МПа	При изгибе, МПа	При сжатии, МПа
1	0	2,0	21,6	6,00	55,9	4,9	20,8	6,3	60,0
2	10	2,2	22,1	6,19	60,2	5,6	28,6	7,6	69,8
3	15	2,2	22,3	6,46	61,0	5,5	21,0	7,9	67,5
4	20	2,5	26,6	7,29	63,9	4,9	19,5	7,0	65,7
5	25	2,2	20,5	6,50	51,6	4,3	18,2	5,5	59,5
6	30	2,0	18,6	6,20	49,6	3,9	16,0	6,3	59,8

Таблица 4 – Прочность вяжущего после изотермической выдержки

№ п/п	При замене цемента НК, %	На основе Белгородского цемента		На основе Сухоложского цемента	
		При изгибе, МПа	При сжатии, МПа	При изгибе, МПа	При сжатии, МПа
1	0	2,0	19,8	4,93	20,73
2	10	1,9	21,1	5,07	21,6
3	15	2,2	22,0	4,75	20,9
4	20	2,6	23,7	4,08	19,9
5	25	2,1	18,9	3,97	19
6	30	2,0	17,9	3,65	18,2

Различия в химическом составе цементов и условия твердения вяжущего отражаются на его активности (табл. 3, 4). Наблюдается повышение прочности при модифицировании цементных систем различных производителей 10% НК. Для Сухоложского цемента данное количество является оптимальным. Следует отметить, что увеличение концентрации НК при равнозначном сокращении доли цемента в составах вяжущего приводит к падению прочности и крайний порог повышения прочности наблюдается при добавлении 20% НК, дальнейшее увеличение НК приводит к

падению прочности композита ниже контрольного уровня. Вероятным объяснением данного факта является замена цемента на НК, что приводит к дефициту гидросиликатной связки, формируемой в результате гидратации клинкерных минералов и их взаимодействия с компонентами модификатора, отвечающих за прочностные характеристики конечных материалов. Максимальная активность вяжущего отмечается на составах с применением Сухоложского цемента при его замене на 10% НК, твердевших при нормальных условиях, она увеличивается на 16% по

сравнению с контрольным (табл. 3). Максимально сократить долю цемента при улучшении физико-механических свойств и замене его на НК возможно за счет изотермической выдержки образцов. И в этом случае положительное влияние НК отмечается на образцах с применением Белгородского цемента при возможном сокращении доли клинкерной составляющей на 20% и повышении прочности до 20% по сравнению с контрольным составом (табл. 4). Оптимальным энергетически выгодным вариантом с технологической точки зрения, следует считать замену 10% цемента НК с применением Сухоложского цемента без тепловой обработки.

Прирост прочности при введении НК сопровождается изменениями в фазовом составе новообразований. Для изучения особенностей фазообразования при введении НК в цементный композит были сформованы модельные образцы из Сухоложского цемента и при замене его на 10% НК.

По результатам РФА при ведении в цементное вяжущее НК в структуре затвердевшего камня отмечается снижение количества клинкерных минералов, о чем свидетельствует снижение интенсивности пиков, в частности, отражений алита, а так же продукта гидратации цемента – портландита (рис. 2).

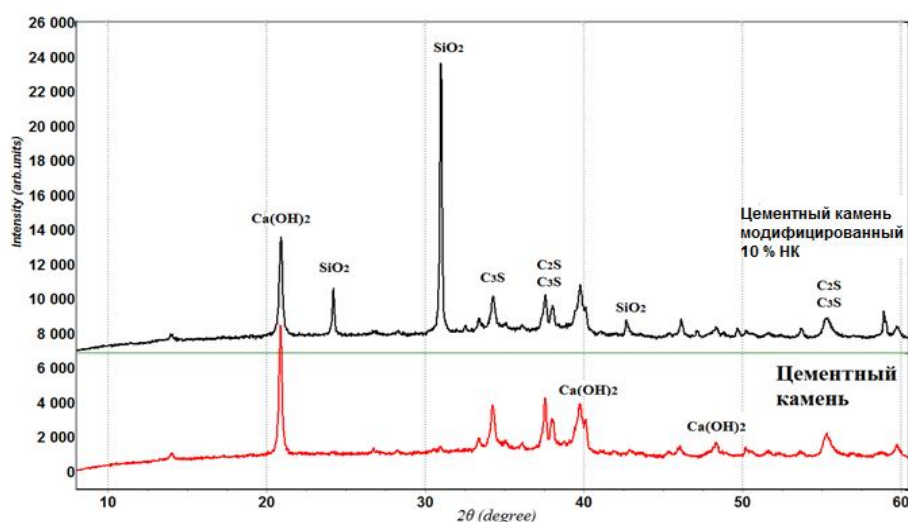


Рис. 2. Рентгенограмма цементного камня при твердении в течение 28 суток (Сухоложский цемент)

Наноразмерные частицы НК интенсивно вступают в процессы химического взаимодействия с выделяющимся при гидратации портландцемента Ca(OH)<sub>2</sub> уже на ранних стадиях твердения и связываются в гидросиликатные новообразования. В области углов

отражения 45–50° модифицированного цементного камня отмечается увеличение кристаллического фона, что позволяет прогнозировать образование мелкодисперсных кристаллогидратов C-S-H (рис. 2).

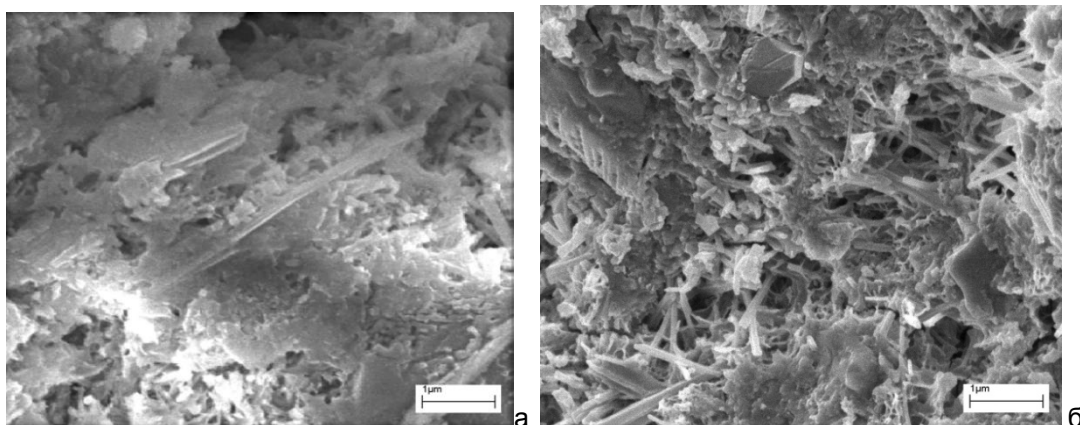


Рис. 3. Микроструктура образцов при твердении в течение 28 суток (Сухоложский цемент): а – цементный камень, б – цементный камень с 10% НК

Микроструктура цементированного цементного камня представлена общей хлопьевидной массой частиц неправильной формы с трещиноватыми сколами, наблюдаются прослойки спутанных ветвистых агрегатов (рис. 3 а). Разуплотнения в общей структуре затвердевшей системы является причиной более низкой прочности контрольного состава. Присутствие в цементной системе НК отмечается по зернам кварца с характерным раковистым изломом, которые плотно вросли в цементную матрицу, что свидетельствует о высокой адгезии новообразований вяжущего к его частицам. Более крупные частицы НК выступают в качестве центров кристаллизации, а также выполняют роль микронаполнителя, снижая усадочные деформации, при этом улучшая эксплуатационные характеристики композита. К 28 суткам твердения, когда вяжущее достигает своей марочной прочности, микроструктура образцов с НК представлена четко выраженными новообразованиями игольчатой морфологии и ограниченными столбчатыми кристаллами с длиной до 1 мкм, которые хаотично цементированы между собой в сетчатую структуру (рис. 3 б). Хлопьевидная масса образца в отличие от контрольного состава представлена сростками частиц неправильной формы, менее трещиноватой и без сколов, что в комплексе способствует повышению прочности композита.

#### Заключение

Таким образом, повышения эффективности цементных вяжущих возможно достичь за счет управления процессами структурообразования при применении наноструктурированного кремнеземсодержащего компонента. Различия в химическом составе цементов отражается на особенностях взаимодействия с НК. Оптимизация количества, особенности введения НК в цементную систему и условия твердения вяжущего позволяют регулировать его активность, способствуют интенсификации процессов гидратации клинкерных минералов, связыванию  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в дополнительное количество гидросиликатов кальция C-S-H, упрочняя матричную структуру цементного камня. В комплексе использование НК позволяет снизить расход цементного вяжущего до 20% и максимально повысить прочность цементного камня до 20%.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках гранта РФФИ № 14-33-50706.

#### Библиографический список

1. Фомина, Е.В., Кожухова М.И., Кожухова Н.И. Оценка эффективности применения алюмосиликатной породы в составе композиционных вяжущих / Е.В. Фомина, М.И. Кожухова, Н.И. Кожухова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. – №4. – С. 31–35.
2. Lesovik R.V., Nosova A.N., Savin A.V., Fomina E.V. Assessment of the Suitability of the Opal-Cristoballite Rocks of Korkinsk Deposit in the Construction Industry // World Applied Sciences Journal 29(12): 1600–1604, 2014.
3. Рахимов, Р.З. Термически обработанный трепел как активная минеральная добавка в цемент / Р.З. Рахимов, З.А. Камалова, Е.Ю. Ермилова, О.В. Стоянов // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т.17. – №13. – С. 99–101.
4. Дубенский, М.С. Микрокремнезем отход или современная добавка / М.С. Дубенский, А.А. Каргин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – №1. – С. 119–120.
5. Ушеров-Маршак А.В. Химические и минеральные добавки в бетон. Харьков: Колорит, Харьков. / А.В. Ушеров-Маршак. – 2005. – 280 с.
6. Пыкин А.А. К вопросу о повышении свойств мелкозернистого бетона микро- и нанодисперсными добавками на основе шунгита / А.А. Пыкин, Н.П. Лукутцова, Г.В. Костюченко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 2. – С. 15–20.
7. Лукутцова, Н.П. Энергоэффективный мелкозернистый бетон с комплексным микронаполнителем / Н.П. Лукутцова, Е.Г. Карпиков // Строительство и реконструкция. – 2014. – № 5. – С. 94–100.
8. Артамонова, О.В. Исследование микроструктуры цементного камня модифицированного комплексными нанодобавками / О.В. Артамонова, Г.С. Славчева, М.А. Шведова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. – 2015. – №1. – С. 80–86.
9. Пухаренко, Ю.В.. Наномодифицированные добавки в бетоны для транспортного строительства / Ю.В. Пухаренко, В.Д. Староверов, Д.И. Рыжов // Транспорт Российской Федерации. – 2014. – № 5. – С. 26–30.
10. Лесовик, В.С. Высокоэффективные композиционные вяжущие с использованием наномодификатора / В.С. Лесовик, Н.И. Алфимова, Я.Ю. Вишневская // Вестник Центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук: сборник научных статей РААСН, ВГАСУ. Воронеж: Изд-во Ворон. гос. арх. строит. уни-та. – 2010. – С. 90–94.
11. Лесовик, В.В. Повышение эффективности вяжущих за счет использования наномодификаторов / В.В. Лесовик, В.В. Потапов, Н.И. Алфимова, О.В. Ивашова // Строительные материалы. – 2011. – № 12. – С. 60–62.

12. Череватова, А.В. Строительные неоконпозиты на основе ВКВС кремнеземсодержащего сырья / А.В. Череватова, Э.О. Гащенко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2007. – № 1. – С. 25–30.

13. Войтович, Е.В. Концепция контроля качества алюмосиликатных вяжущих негидратационного твердения / Е.В. Войтович, Н.И. Кожухова, И.В. Жерновский, А.В. Череватова, Д.Д. Нецвет // Строительные материалы. – 2013. – №11 – С. 68–70.

#### INCREASE OF EFFICIENCY CEMENT KNITTING WITH THE ACTIVE MINERAL NANODISPERSE COMPONENT

E.V. Voytovich, I.L. Chulkova,  
E.V. Fomina, A.V. Cherevatova

**Abstract.** In the paper the influence of mineral nanodisperse silica component on reactivity of cement from different producers is studied. Method of introduction of mineral nanodisperse modifier in binding mixture is proposed. Differences of chemical composition of the studied Portland cements are reflected on features of relationship with nanodisperse component. Optimization of content features of nanodisperse component introduction into cement system as well as hardening conditions allow varying its reactivity and promote to intensification of hydration process of clinker minerals, Portlandite fixation into additional C-S-H phases, that leads to strengthening of cement stone structure. Generally, enhancement of efficiency of cement binder is provided with reducing of clinker component up to 20% and improving of strength characteristics of composite up to 20%.

**Keywords:** nanodispersity, binder, efficiency, Portland cement, quartz sand, phase- and structure formation.

#### References

1. Fomina E.V., Kozhuhova M.I., Kozhuhova N.I. Otsenka effektivnosti primeneniya alyumosilikatnoj porody v sostave kompozitsionnykh vyazhushchih [Estimation of efficiency of application of aluminosilicate raw in composite binders]. *Vestnik BGTU imeni V G Shuhova*, 2013, vol. 4, pp. 31–35.

2. Lesovik R.V., Nosova A.N., Savin A.V., Fomina E.V. Assessment of the Suitability of the Opal Cristoballite Rocks of Korkinsk Deposit in the Construction Industry [Assessment of the Suitability of the Opal-Cristoballite Rocks of Korkinsk Deposit in the Construction Industry]. *World Applied Sciences Journal*, 2014, vol. 29(12), pp. 1600–1604.

3. Termicheski obrabotannyj trepel kak aktivnaya mineralnaya dobavka v cement [Thermally processed bergmeal as an active mineral additive in cement] R.Z. Rahimov, Z.A. Kamalova, E.YU. Ermilova, O.V. Stoyanov, *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2014, T. 17, vol. 13, pp. 99–101.

4. Dubenskij M.S. Kargin A.A. Mikrokremnezem othod ili sovremennaya dobavka [Microsilicon dioxide withdrawal or modern additive] *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2012, vol. 1, pp. 119–120.

5. Usherov-Marshak A.V. Himicheskie i mineralnye dobavki v beton [Chemical and mineral additives in concrete]. *Harkov, Kolorit Harkov*, 2005, 280 p.

7. Lukutcova N.P. Karpikov E. G. EHnergoehffektivnyj melkozernistyj beton s kompleksnym mikronapolnitelem [Power effective fine-grained concrete with a complex microfiller] *Stroitelstvo i rekonstrukciya*, 2014, vol. 5, pp. 94–100

8. Artamonova O.V., Slavcheva G.S., SHvedova M.A. Issledovanie mikrostruktury cementnogo kamnya modifitsirovannogo kompleksnymi nanodobavkami [Research of a microstructure of the cement stone modified by complex nanoadditives] *Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno stroitel'nogo universiteta Seriya Fiziko himicheskie problemy i vysokie tekhnologii stroitel'nogo materialovedeniya*, 2015, vol. 1, pp. 80–86.

9. Puharenko YU.V., Staroverov V.D., Ryzhov D.I. Nanomodifitsirovannye dobavki v betony dlya transportnogo stroitel'stva [The nanomodified additives in concrete for transport construction] *Transport Rossijskoj Federacii*, 2014, vol 5, pp. 26–30.

10. Lesovik V.S., Alfimova N.I., Vishnevskaya Y.U. Vysokoeffektivnye kompozitsionnye vyazhushchie s ispolzovaniem nanomodifikatora [Highly effective composite binders with nanomodifier]. *Vestnik central'nogo regional'nogo otdeleniya Rossijskoj akademii arhitektury i stroitel'nykh nauk: sbornik nauchnykh statej RAASN, VGASU. Voronezh: Izd-vo Voron. gos. arh. stroit. uni-ta [Vestnik tsentral'nogo regional'nogo otdeleniya Rossiyskoj akademii arhitektury i stroitel'nykh nauk: sbornik nauchnykh statej RAASN, VGASU. Voronezh: Izd-vo Voron. gos. arkh. stroit.]*, 2010, pp. 90–94.

11. Lesovik V.V., Potapov V.V., Alfimova N.I., Ivashova O.V. Povyshenie effektivnosti vyazhushchih za schet ispolzovaniya nanomodifikatorov [Enhancement of binder efficiency due to using of nanomodifiers]. *Stroitelnye materialy*, 2011, vol. 12, pp. 60–62.

12. Cherevatova A.V., Gashchenko E.H.O. Stroitelnye neokompozity na osnove VKVS kremnezemsoderzhashchego syrya [Construction neocomposites on the basis of silica raw materials containing High-concentrated binding suspension]. *Vestnik BGTU im V G SHuhova*, 2007. vol. 1, pp. 25–30.

13. Voytovich E.V., Kozhuhova N.I., ZHernovskij I.V., CHerevatova A.V., Necvet D.D. Konceptiya kontrolya kachestva alyumosilikatnykh vyazhushchih negidratatsionnogo tverdeniya [Concept of quality monitoring of aluminosilicate binders of non-hydration type of hardening]. *Stroitelnye materialy*, 2013, vol. 11, pp. 68–70.

6. Pykin A.A. Lukutcova N.P. Kostyuchenko G.V. K voprosu o povyshenii svoystv melkozernistogo betona mikro i nanodispersnymi dobavkami na osnove shungita [To a question of increase of properties of fine-grained concrete micro and nanodisperse additives on the basis of a shungit] *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im V G SHuhova*, 2011, 2, pp. 15–20.

Войтович Елена Валерьевна (Россия Белгород) – кандидат технических наук, младший научный сотрудник кафедры Материаловедения и технологии материалов БГТУ им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46, e-mail: e.voitovich@mail.ru).

Чулкова Ирина Львовна (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы и специальные технологии» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: chulkova\_il@sibadi.org).

Фомина Екатерина Викторовна (Россия Белгород) – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник кафедры Строительного материаловедения изделий и конструкций БГТУ им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46, e-mail: fomina.katerina@mail.ru).

Череватова Алла Васильевна (Россия Белгород) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Материаловедения и технологии материалов БГТУ им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46, e-mail: chery\_611@mail.ru).

Voitovich Elena Valerievna (Russian Federation, Belgorod) – candidate technical sciences, in junior researcher of chair Materials science and technology of materials BGTU of V.G. Shukhov (308012, Mr. Belgorod, Kostyukov St. 46, e-mail: fomina.katerina@mail.ru).

Chulkova Irina Lvovna (Russia, Omsk) – doctor of technical sciences, professor, head of the department "Construction materials and special technologies" of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, 5 Mira st., e-mail: e-mails: chulkova\_il@sibadi.org).

Fomina Ekaterina Viktorovna (Russian Federation, Belgorod) – candidate of technical sciences, the associate professor, the senior research associate of department of Construction materials science of products and designs of BGTU of V.G. Shukhov (308012, Belgorod, Kostyukov St. 46, e-mail: fomina.katerina@mail.ru).

Cherevatova Alla Vasilievna Russian Federation, Belgorod) – doctor of technical sciences, professor chair Materials science and technology of materials BGTU of V.G. Shukhov (308012, Belgorod, Kostyukov St. 46, e-mail: cherry\_611@mail.ru).

УДК 625.7.06: 691.16

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВОВ И СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

В.Д. Галдина, М.С. Черногородова  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** С применением метода математического планирования эксперимента получены математические модели технологических и эксплуатационных свойств полимерно-битумных вяжущих на основе вязкого дорожного битума, полимера типа стирол-бутадиен-стирол и пластификатора, позволяющие оптимизировать составы и прогнозировать свойства вяжущих. Планирование эксперимента значительно сокращает процедуру подбора составов полимерно-битумных вяжущих с требуемым комплексом физико-механических свойств.

**Ключевые слова:** битум, планирование эксперимента, полимерно-битумное вяжущее, уравнения регрессии.

#### Введение

Модифицирование битумов полимерными добавками с целью повышения долговечности дорожных асфальтобетонных покрытий является перспективным и развиваемым направлением за рубежом и в России. В качестве модифицирующих добавок для дорожных битумов преимущественно используют блок-сополимеры типа стирол-бутадиен-стирол (СБС). Макромолекулы указанных полимеров характеризуются склонностью к ассоциации, что позволяет при определенном содержании образовывать пространственную структурную сетку в полимерно-битумном вяжущем (ПБВ).

По сравнению с исходным битумом ПБВ характеризуются высокой прочностью, эластичностью, теплоустойчивостью и трещиностойкостью [1,2,3,4,5,6].

ФГУП СоюздорНИИ разработаны составы, технология приготовления ПБВ на основе полимера СБС и нормативно-технические документы. Полимерно-битумные вяжущие рекомендовано получать смешением при температуре 150 – 160 °С вязкого дорожного битума, пластифицированного пластификатором, и полимера типа СБС либо путем смешения битума с раствором полимера типа СБС в пластификаторе. Свойства ПБВ зави-

сят от марки и структурного типа битума, молекулярной массы и размера частиц полимера, количества полимера и пластификатора, технологических режимов и используемого смесительного оборудования [1,4,5,6].

Для обеспечения равновесного состояния системы при подборе составов ПБВ следует назначать минимальные содержания полимера и пластификатора при соответствии температур хрупкости, размягчения и показателей эластичности конкретным климатическим условиям эксплуатации [4,5]. Процесс экспериментального определения состава ПБВ достаточно длительный и трудоемкий. Он включает определение: 1) технических свойств вязкого дорожного битума в соответствии с ГОСТ 22245; 2) требуемых для конкретного района строительства и условий эксплуатации значений температур хрупкости, размягчения и показателей эластичности; 3) минимального содержания пластификатора в зависимости от требуемой температуры хрупкости; 4) минимального содержания полимера СБС в зависимости от требуемых температур размягчения и эластичности; 5) свойств ПБВ по ГОСТ Р 52056 при минимальном содержании полимера. При несоответствии свойств ПБВ требованиям стандарта необходимо провести корректировку состава путем приготовления нескольких составов с увеличенным содержанием полимера на 0,5 – 3,0 % с шагом 0,5 %.

Значительно сократить процесс подбора и оптимизировать составы ПБВ с заданным комплексом эксплуатационных свойств позволяют методы математического планирования эксперимента [7].

#### Постановка и решение задачи

Цель работы: с использованием метода планирования эксперимента получить урав-

нения регрессии, отражающие зависимость свойств полимерно-битумных вяжущих от содержания полимера СБС и пластификатора. Полимерно-битумные вяжущие получали на основе вязкого дорожного битума марки БНД 60/90, пластификатора – индустриального масла марки И-40А, выпускаемых ОАО «Газпромнефть ОНПЗ», и полимера марки ДСТ-30-01, производимого ОАО «Воронежсинтезкаучук». Приготовление ПБВ осуществляли в лабораторной установке с пропеллерной мешалкой и регулируемой системой обогрева при температуре 150 – 160 °С введением в битум раствора полимера ДСТ-30-01 в индустриальном масле. Количество полимера в ПБВ изменялось от 0 до 5 мас. %, содержание пластификатора – от 0 до 20 мас. %.

Значения основных независимых факторов на различных уровнях даны в таблице 1. За функции отклика были приняты следующие показатели свойств вяжущих: глубина проникания иглы (пенетрация) при температурах 25 и 0°С ( $P_{25}$  и  $P_0$  соответственно); температура размягчения ( $T_p$ ); температура хрупкости ( $T_{xp}$ ); растяжимость (дуктильность) при температурах 25 и 0°С ( $D_{25}$  и  $D_0$  соответственно). Матрица планирования композиционного симметричного ортогонального трехуровневого плана второго порядка [8] и результаты экспериментов по определению основных эксплуатационных свойств ПБВ – температур размягчения и хрупкости приведены в таблице 2. Статистическая обработка результатов эксперимента и определение коэффициентов уравнений регрессии производились с помощью пакета программ *Maple*. В результате исследований были получены уравнения регрессии, которые в натуральных значениях факторов имеют следующий вид:

$$P_{25} = 73,5310 + 28,1250 \cdot P - 8,1451 \cdot P^2 + 7,8667 \cdot M - 0,1950 \cdot M^2 + 0,9000 \cdot P \cdot M; \quad (1)$$

$$P_0 = 21,6040 + 21,5180 \cdot P - 4,5502 \cdot P^2 + 3,0917 \cdot M - 0,0450 \cdot M^2 + 0,5300 \cdot P \cdot M; \quad (2)$$

$$T_p = 46,9550 - 0,62467 \cdot P + 1,0183 \cdot P^2 - 0,7500 \cdot M + 0,02333 \cdot M^2 + 0,0200 \cdot P \cdot M; \quad (3)$$

$$T_{xp} = -15,865 - 5,8918 \cdot P + 1,450 \cdot P^2 - 1,0917 \cdot M + 0,036667 \cdot M^2 - 0,11 \cdot P \cdot M; \quad (4)$$

$$D_{25} = 81,487 - 32,102 \cdot P + 4,3937 \cdot P^2 + 9,13333 \cdot M + 0,0150 \cdot M^2 + 0,1000 \cdot P \cdot M; \quad (5)$$

$$D_0 = 3,3343 + 4,2644 \cdot P - 0,31954 \cdot P^2 + 2,1000 \cdot M - 0,0900 \cdot M^2 + 0,4800 \cdot P \cdot M. \quad (6)$$

Таблица 1 – Факторы, уровни факторов и интервалы их варьирования

Факторы	Кодированное значение	Уровни факторов			Интервал варьирования
		-1	0	+1	
Полимер (P), %	x	0	2,5	5	2,5
Пластификатор (M), %	y	0	10	20	10



Таблица 2 – Матрица планирования и результаты эксперимента

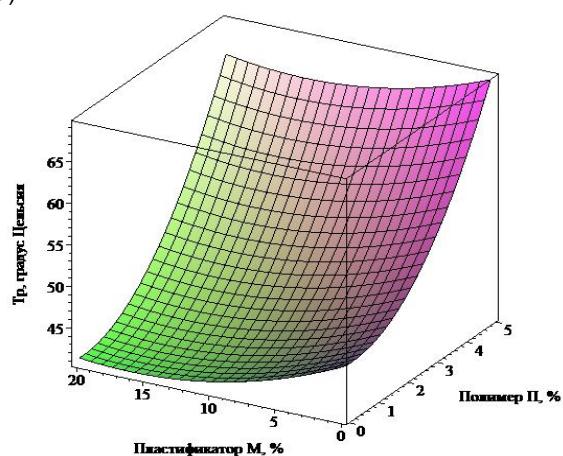
Номер опыта	Порядок проведения опытов	Факторы		Температура размягчения, °С	Температура хрупкости, °С
		х	у		
1	9	–	–	47	–19
2	3	+	–	66	–19
3	7	–	+	26	–36
4	5	+	+	66	–37
5	1	–	0	38	–21
6	4	+	0	68	–29
7	9	0	–	55	–18
8	2	0	+	43	–39
9	6	0	0	48	–36

Полученные адекватные модели технологических и эксплуатационных свойств ПБВ позволяют учесть тенденцию влияния каждого фактора и проследить качественную картину изменения функций отклика. Анализ моделей показывает, что на изменение показателей свойств влияет содержание полимера, пластификатора и совместное действие этих факторов, что выражается в значимости коэффициентов в уравнениях регрессии при П, М, П<sup>2</sup>, М<sup>2</sup> и П·М. Так, например, наибольшее влияние на показатели пенетрации оказывают содержание полимера и пластификатора. На повышение температуры размягчения в большей степени влияет содержание полимера, на повышение дуктильности при 0 °С – содержание полимера и пластификатора. Температура хрупкости понижается при увеличении содержания пластификатора и полимера. Дуктильность при 25 °С понижается при увеличении количества полимера и повышается при увеличении содержания пластификатора.

На рисунках 1 и 2 в качестве примера показаны графические зависимости изменения температуры размягчения, температуры хрупкости, пенетрации и растяжимости при температуре 0 °С от содержания в ПБВ полимера и пластификатора.

Полимерно-битумные вяжущие по сравнению со свойствами исходного битума характеризуются повышенными температурами перехода в вязко-текучее состояние, более низкими температурами перехода в хрупкое состояние, высокой пластичностью и эластичностью при температуре 0 °С, что обуславливает более широкий диапазон температур, в которых ПБВ сохраняет работоспособность.

а)



б)

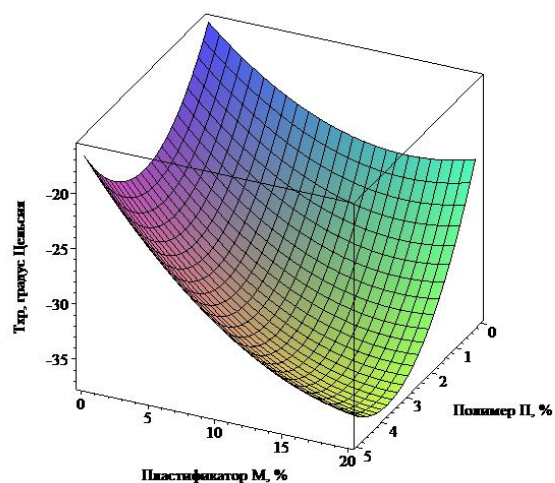


Рис. 1. Зависимость температур размягчения (а) и хрупкости (б) от содержания в полимерно-битумном вяжущем полимера и пластификатора

а)

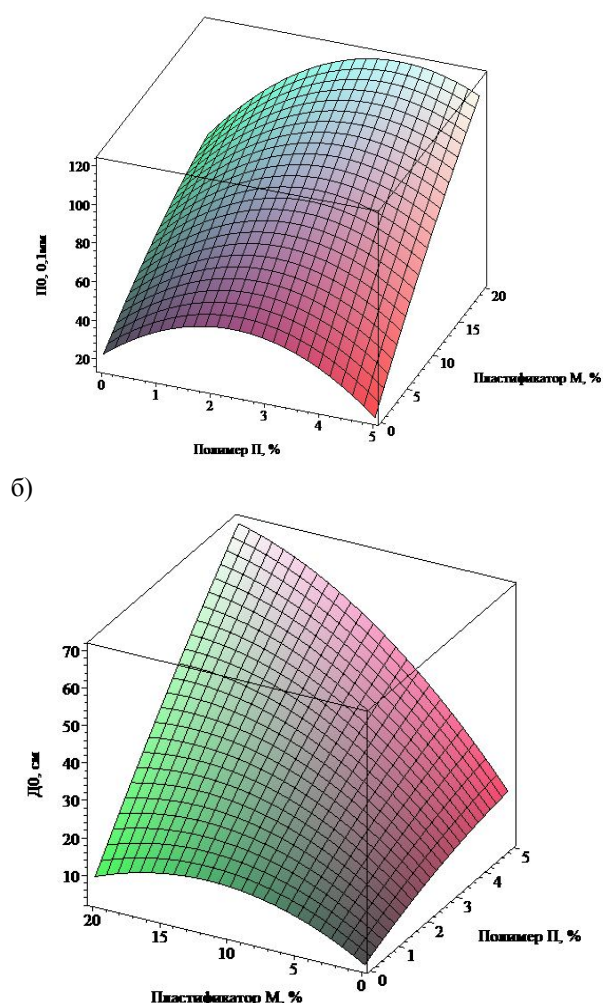


Рис. 2. Зависимость пенетрации (а) и растяжимости (б) при температуре 0 °С от содержания в полимерно-битумном вяжущем полимера и пластификатора

### Заключение

В результате проведения экспериментальных исследований получены математические модели в виде уравнений регрессии, отражающие влияние компонентного состава на свойства полимерно-битумных вяжущих. Модифицирование битума полимером типа СБС совместно с пластификатором способствует улучшению физико-механических свойств вяжущих: увеличиваются температуры размягчения при одновременном понижении температур хрупкости, повышается растяжимость и пенетрация при 0 °С, полимерно-битумные вяжущие приобретают эластические свойства. Полученные уравнения регрессии позволяют без проведения трудоем-

ких экспериментальных исследований оптимизировать составы полимерно-битумных вяжущих для конкретных климатических условий эксплуатации.

### Библиографический список

1. Полимерно-битумные вяжущие на основе СБС для дорожного строительства / Л.М. Гохман и др. – М., 2002. – 112 с (Автомобильные дороги: Обзорная информация / Информавтодор. – Вып. 4).
2. Кинг, Г.Н. Свойства полимерно-битумных вяжущих и разрабатываемые в США методы испытаний / Г.Н. Кинг, Б.С. Радовский // *Материалы и конструкции*. – 2004. Октябрь. С. 16 – 27.
3. Иваньски, М. Асфальтобетон как композиционный материал (с нанодисперсными и полимерными компонентами): монография / М. Иваньски, Н.Б. Урьев. – М.: Техполиграфцентр, 2007. – 668 с.
4. Рекомендации по использованию полимерно-битумных вяжущих материалов на основе блоксополимеров типа СБС при строительстве и реконструкции автомобильных дорог. ОДМ 218.2003-2007. – М.: Росавтодор, 2007. – 120 с.
5. Гохман, Л.М. Расчет состава полимерно-битумного вяжущего / Л.М. Гохман // *Наука и техника в дорожной отрасли*. – 2008. – № 4. – С. 33 – 34.
6. Галдина, В.Д. Моделирование на ЭВМ подбора состава полимерно-битумного вяжущего / В.Д. Галдина // *Вестник ТГАСУ*. – 2011. – № 4. – С. 132 – 138.
7. Основы планирования научно-исследовательского эксперимента/ М. Аугамбаев, А.З. Иванов, Ю.И. Терехов; под ред. Г.М. Рудакова. – Ташкент: Укитувчи, 2004. – 336 с.
8. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей: справочное издание / В.З. Бродский и др. – М.: Металлургия, 1982. – 752 с.

### MODELLING OF STRUCTURES AND PROPERTIES OF POLYMER-BITUMEN BINDING METHODS OF EXPERIMENT PLANNING

V.D. Galdina, M.S. Chernogorodova

**Abstract.** With application of a method of mathematical planning of experiment mathematical models of technological and operational properties polymernobitumen knitting on the basis of viscous road bitumen, polymer of type styrene-butadien-styrene and the softener are received, allowing to optimise structures and to predict properties of the knitting. Experiment planning considerably reduces procedure of selection of structures of polimerno-bitumen physicommechanical properties knitting with a demanded complex

**Keywords:** bitumen, experiment planning, polimerno-bitumen knitting, the regress equations.

References

1. Polimerno-bitumnye vjazhushhie na osnove SBS dlja dorozhnogo stroitel'stva [Polymeric and bituminous knitting on the basis of SBS for road construction]. Moscow, 2002. 112 p.
2. King G.N., Radovskij B.S. Svoystva polimerno-bitumnyh vjazhushhih i razrabatyvaemye v SShA metody ispytaniy [Properties polymeric and bituminous knitting and the test methods developed in the USA]. *Materialy i konstrukcii*, 2004, Oktjabr'. pp. 16 – 27.
3. Ivan'ski M., Ur'ev N.B. *Asfal'tobeton kak kompozitsionnyj material (s nanodispersnymi i polimernymi komponentami): monografija* [Asfaltobeton as composite material]. Moscow, Tehpoligrafcentr, 2007. 668 p.
4. *Rekomendacii po ispol'zovaniju polimer-bitumnyh vjazhushhih materialov na osnove blokopolimerov tipa SBS pri stroitel'stve i rekonstrukcii avtomobil'nyh dorog. ODM 218.2003-2007* [Recommendations about use of the polymer-bituminous knitting materials on the basis of block copolymers like SBS at construction and reconstruction of highways. ODM 218.2003-2007]. Moscow, Rosavtodor, 2007. 120 p.
5. Gohman L.M. Raschet sostava polimerno-bitumnogo vjazhushhego [Calculation of structure polymeric and bituminous knitting]. *Nauka i tehnika v dorozhnoj otrasli*, 2008, no 4. pp. 33 – 34.
6. Galdina V.D. Modelirovanie na JeVM pod-bora sostava polimerno-bitumnogo vjazhushhego [Modeling on the COMPUTER of selection of structure polymeric and bituminous knitting]. *Vestnik TGASU*, 2011, no 4. pp. 132 – 138.

7. *Osnovy planirovanija nauchno-issledovatel'skogo jeksperimenta* [Bases of planning of research experiment]. M. Augambaev, A.Z. Ivanov, Ju.I. Terehov; pod red. G.M. Rudakova. Tashkent: Ukituvchi, 2004. 336 p.

8. *Tablicy planov jeksperimenta dlja faktor-nyh i polinomial'nyh modelej: spravochnoe iz-danie* [Tables of plans of experiment for factorial and polynomial models]. V.Z. Brodskij. M.oscow, Metallurgija, 1982. 752 p.

*Галдина Вера Дмитриевна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: galdin\_ns@s ibadi.org).*

*Черногородова Мария Сергеевна (Россия, г. Омск) – аспирант кафедры «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: www.mamarya@mail.ru).*

*Galdina Vera Dmitriyevna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor "Construction materials and special technologies" of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: galdin\_ns@s ibadi.org).*

*Chernogorodova Maria Sergejevna (Russian Federatuion, Omsk) – graduate student of "Hoisting-and-transport, Traction Cars and Hydraulic Actuator" chair of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: www .mamarya@mail.ru).*

УДК 69.05

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОСНОВАНИЯ ОЧЕРЕДНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

О.В. Демиденко<sup>1</sup>, С.М. Кузнецов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НОУ ВПО Омская гуманитарная академия, Россия, г. Омск;

<sup>2</sup>Сибирский государственный университет путей сообщения, Россия, г. Новосибирск.

**Аннотация.** В статье предложен метод оценки организационно-технологического риска строительных, транспортно-технологических и механизированных процессов. Ведущим процессом при выполнении строительно-монтажных работ являются машины и механизмы. Для успешного выполнения производственной программы строительной организации необходимо совместное надежное функционирование транспортно-технологического процесса, строительных бригад, строительных машин и механизмов. Разработанная модель обоснования очередности возведения зданий и сооружений позволит с заданной надежностью рассчитать время их строительства, повысить эффективность использования подвижного состава, строительных машин и бригад за счет их ритмичной и бесперебойной работы.

**Ключевые слова:** транспортно-технологический процесс, оптимизация, очередность строительства объектов, организационно-технологический риск, строительные машины.

**Введение**

Транспортно-технологический процесс представляет собой систему, цель которой

обеспечение непрерывной работы строительных потоков с минимальными затратами. В соответствии с поставленной перед систе-

мой целью транспортно-технологический процесс составляют следующие технологические операции: погрузка, разгрузка, транспортировка и потребление. В выполнении этого комплекса операций участвуют управления механизации, заводы-поставщики, комплектующие, транспортные и строительные организации. Операции транспортно-технологического процесса выполняются с использованием подвижного состава и строительных машин. Проблемам транспортно-технологического процесса в строительстве посвящены труды многих ученых. Обзор литературы показал, что сложившаяся в настоящее время транспортно-технологическая подсистема в строительстве не гарантирует доставку грузов на стройки в запланированное время и необходимыми комплектами. В результате, увеличиваются сроки строительства объектов и стоимость их возведения.

Таким образом, в данной теме имеются вопросы, требующие более детального и углубленного исследования.

### **Оптимизация строительных процессов**

Транспортное обеспечение – неотъемлемая часть строительного производства, эффективность строительных потоков в значительной степени зависит от своевременного и качественного их материально-технического обеспечения. Учитывая, что затраты на перевозку строительных грузов и связанных с ними погрузочно-разгрузочных операций составляют от 14 до 30 % общей стоимости объекта и имеют тенденцию к увеличению, инженерная подготовка строительных процессов должна осуществляться с учетом их транспортно-технологического обеспечения.

Исследование функционирования транспортно-технологического процесса начинается с разработки согласно [1] организационно-технологических моделей процессов возведения строительных объектов, на основании которых выявлены и обоснованы ежедневные потребности в материальных ресурсах для выполнения основных этапов строительства. Это необходимо для принятия управленческих решений по определению рациональных типов и количества транспортных средств и строительных машин.

Критерием эффективности выбора рациональных типов транспортных средств и строительных машин является максимум производительности и коэффициента исполь-

зования рабочего времени, а также минимум себестоимости [2]. После определения целесообразных типов транспортных средств возникает необходимость проведения эксперимента. В качестве метода эксперимента выбирается выборочный метод, задачей которого является прогноз продолжительности выполнения операций транспортно-технологического процесса. Уровень достоверности результатов исследования составил 95%. Согласно экспериментальным данным затрат времени на выполнение транспортных операций установлены незначительные отклонения от плановых величин. При выполнении погрузочных и разгрузочных операций установлены значительные отклонения от плановой величины.

Дальнейшее исследование затрат времени на погрузочно-разгрузочные операции заключается в рассмотрении их по элементам. Установлено, что непроизводительное время ожидания погрузочно-разгрузочных операций составляет значительную часть в общем времени простоя автомобилей под загрузкой и разгрузкой. Такое увеличение времени простоя транспортных средств под загрузкой и разгрузкой обуславливает снижение производительности труда, выражающееся в объемах невыполненных работ и увеличении сроков строительства.

Таким образом, возникающий риск выполнения операций транспортно-технологического процесса сопровождается появлением дефицита материалов на строительной площадке и увеличением продолжительности возведения объектов.

Минимизировать организационно-технологический риск и повысить организационно-технологическую надежность строительства предлагается с помощью рекомендаций [3]. В транспортном строительстве до 95 % объемов работ выполняются машинами, а в промышленном и гражданском строительстве около 85 %, поэтому можно утверждать, что надежность строительства в значительной степени зависит от их эффективной работы. Для оценки продолжительности строительства с минимальным риском следует проанализировать выборки коэффициентов использования по времени строительных машин. Результаты обработки выборок в соответствии с [4] при уровне значимости 0,05 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты использования машин по времени

Наименование показателя	Бульдозер	Буровой станок	Земснаряд	Экскаватор
Количество опытов, шт.	872	151	145	403
Количество связей, шт.	3	3	3	3
Минимальное значение фактора	0,453	0,548	0,509	0,704
Максимальное значение фактора	0,843	0,917	0,64	1,0
Выборочное среднее значение фактора	0,6597	0,7715	0,5740	0,8528
Среднее линейное отклонение фактора	0,0580	0,0684	0,0229	0,0514
Среднее квадратическое отклонение	0,0708	0,0814	0,0278	0,0627
Стандартное отклонение фактора	0,0709	0,0816	0,0279	0,0628
Средняя квадратическая ошибка фактора	0,0024	0,0066	0,0023	0,0031
Ошибка в % от среднего значения фактора	0,3640	0,8611	0,4038	0,3667
Эмпирическая дисперсия выборки	0,0050	0,0067	0,00078	0,0039
Вариации отклонения от среднего значения	0,003367	0,004681	0,000527	0,002643
Риск отклонения от среднего значения	0,0580	0,0684	0,0229	0,0514
Коэффициент вариации	0,1074	0,1055	0,0485	0,0735
Вычисленное значение критерия Пирсона	2,34	2,31	5,59	5,46
Табличное значение критерия Пирсона	8,13	7,86	7,86	8,13
Количество интервалов	11	8	8	10

Для анализа изменения продолжительности процессов при минимальном риске воспользуемся следующим уравнением

$$V_p = \bar{\Pi}_3 \cdot \bar{t} = \bar{\Pi}_{эм} \cdot t_M, \quad (1)$$

где  $V_p$  – объем работ;  $\bar{\Pi}_{эм}$  и  $\bar{\Pi}_3$  – соответственно эксплуатационная производительность при минимальном риске и средняя эксплуатационная производительность машины;  $t_M$  и  $\bar{t}$  – соответственно продолжительность работы при минимальном риске и средняя продолжительность работы машины.

Из выражения (1) находится изменение продолжительности процессов при минимальном риске

$$\frac{\bar{t}}{t_M} = \frac{\bar{\Pi}_3}{\bar{\Pi}_{эм}} = \frac{\bar{\Pi}_T \bar{K}_B}{\bar{\Pi}_T \bar{K}_{BM}} = \frac{\bar{K}_B}{\bar{K}_{BM}} = \frac{\bar{K}_B}{\bar{K}_B - r}, \quad (2)$$

где  $\bar{\Pi}_T$  – техническая производительность машины;  $\bar{K}_{BM}$  и  $\bar{K}_B$  – соответственно коэффициент использования машины по времени с минимальным риском и средний коэффициент;  $r$  – риск отклонения от среднего значения. При минимальном риске время продолжительности процесса при работе бульдозеров увеличится в раз.

$$\frac{\bar{t}}{t_M} = \frac{\bar{K}_B}{\bar{K}_B - r} = \frac{0,6597}{0,6597 - 0,0580} = 1,0964.$$

При минимальном риске время продолжительности процесса при работе бурового станка увеличится в раз.

$$\frac{\bar{t}}{t_M} = \frac{\bar{K}_B}{\bar{K}_B - r} = \frac{0,7715}{0,7715 - 0,0684} = 1,0973.$$

При минимальном риске время продолжительности процесса при работе земснаряда увеличится в раз.

$$\frac{\bar{t}}{t_M} = \frac{\bar{K}_B}{\bar{K}_B - r} = \frac{0,5740}{0,5740 - 0,0229} = 1,0416.$$

При минимальном риске время продолжительности процесса при работе экскаватора увеличится в раз.

$$\frac{\bar{t}}{t_M} = \frac{\bar{K}_B}{\bar{K}_B - r} = \frac{0,8528}{0,8528 - 0,0514} = 1,0641.$$

Проведенные авторами исследования по работе транспортно-технологического процесса за 11 летний период показали, что при минимизации организационно-технологического риска машин продолжительность строительства может увеличиться не более чем на 10 процентов.

В связи с этим, еще на стадии проектирования необходимо использовать вероятностные представления о технологии процесса и производительности машин, что позволяет учесть возможность отклонений фактических параметров рабочих операций от намеченных, увеличения сроков выполнения работ и завершения инвестиционного строительного проекта. Сроки выполнения строительно-монтажных работ определяются последовательностью включения объектов в строительный поток [5].

Авторами разработано методическое, математическое и программное обеспечение

## СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

для автоматизации обоснования очередности строительства объектов с помощью имитационной модели процесса строительства. Количество возможных вариантов, устанавливающих очередность возведения объектов, среди которых находится и оптимальный вариант, зависит от числа возводимых объектов ( $M$ ) и определяется числом перестановок  $M!$ . Путь полного перебора всех возможных ва-

риантов является весьма трудоемким и решается только с помощью компьютера.

Программное обеспечение «Potok» позволяет определить очередность строительства объектов и распределить финансирование по всей продолжительности строительства объектов. В таблицах 2 – 4 приведены исходные данные программы.

Таблица 2 – Исходные данные

Показатель	Обозначение
Количество процессов, шт.	6
Количество объектов, шт.	4

Таблица 3 – Продолжительность работ, дн.

		Процесс					
		1	2	3	4	5	6
Объект	1	8	40	130	60	60	70
	2	15	30	130	70	80	70
	3	7	25	35	35	30	35
	4	12	20	115	45	45	55

Таблица 4 – Наименование объектов

Объект	Наименование объекта
1	12-ти этажный жилой дом в г. Новосибирске
2	Пост ЭЦ на станции Новосибирск-Главный
3	АБК локомотивного депо на станции Инская
4	9-ти этажный жилой дом в г. Новосибирске

Программное обеспечение позволяет определить оптимальную очередность возведения объектов и рассчитать минимально возможный срок строительства. Для оптимального варианта очередности включения объектов в поток с целью более наглядного представ-

ления полученного решения в программе строится циклограмма и график освоения сметной стоимости. Проведенный расчет показал, что оптимальной по продолжительности является последовательность строительства объектов, представленная в таблице 5.

Таблица 5 – Оптимальная очередность строительства объектов

Объект	Наименование объекта
1	АБК локомотивного депо на станции Инская
2	12-ти этажный жилой дом в г. Новосибирске
3	Пост ЭЦ на станции Новосибирск-Главный
4	9-ти этажный жилой дом в г. Новосибирске

На рисунке 1 показана циклограмма строительства объектов, представленных в таблице 4. Рассчитанная с помощью программы продолжительность строительства объектов является случайной величиной. Со-

гласно [6] случайной называется величина, которая в результате испытания может принять то или иное возможное значение, неизвестное заранее, но обязательно одно.

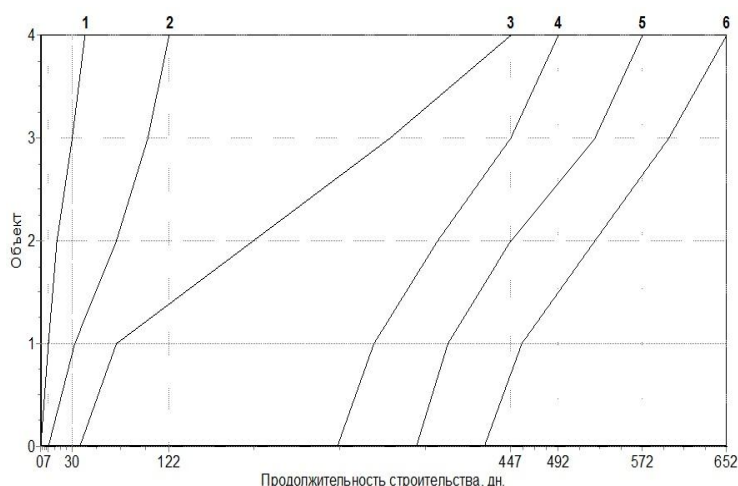


Рис. 1. Циклограмма строительства объектов

1 – земляные; 2 – нулевой цикл; 3 – монтаж коробки здания;  
4 – кровельные, столярные, стекольные работы и устройство полов; 5 – сантехнические, электротехнические, слоботочные, монтаж оборудования; 6 – отделочные работы

Для обоснования продолжительности строительства необходимо создать базы результатов натуральных испытаний процессов. Информация баз данных должна быть очищена от неверных измерений. Для этой цели проводятся две проверки: логическая и математическая. Для определения продолжительности процессов с заданной вероятностью следует в нормативных документах приводить среднюю величину и среднее квадратическое отклонение нормы времени [7,8]. Тогда продолжительность выполнения процессов с минимальным риском можно будет определять по формуле

$$t = \bar{t} + r, \quad (3)$$

где  $r$  – риск продолжительности выполнения процессов;  $\bar{t}$  – средняя продолжительность выполнения процессов.

Риск продолжительности выполнения процессов определяется по формуле

$$r = \sqrt{V}, \quad (4)$$

где  $V$  – вариация отклонения от среднего значения продолжительности выполнения процессов.

Вариация отклонения от среднего значения продолжительности выполнения процессов определяется по формуле

$$V = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=n} V_{ij}}{n^2}, \quad (5)$$

где  $V_{ij}^{\Pi}$  – ковариация продолжительности выполнения процессов при использовании  $i$ -го и  $j$ -го испытания.

Ковариация продолжительности выполнения процессов при использовании  $i$ -го и  $j$ -го испытания определяется по формуле

$$V_{ij} = (t_i - \bar{t})(t_j - \bar{t}). \quad (6)$$

При наличии результатов натуральных испытаний по соответствующим технологическим процессам можно рассчитать организационно-технологическую надежность строительства зданий и сооружений. Под организационно-технологической надёжностью понимается способность технологических, организационных, управленческих экономических решений обеспечивать достижение заданного результата строительного производства в условиях случайных возмущений, присущих строительству как сложной стохастической системе. Значение показателя организационно-технологической надежности во многих методиках представляет собой именно оценку вероятности выполнения проекта в расчётный срок. При этом необходимо учитывать специфику такой сложной человеко-машинной системы, как строительное производство.

#### Закключение

Предлагаемая модель обоснования очередности строительства объектов позволяет при известных объемах работ по данным натуральных испытаний строительных процессов или натуральных испытаний работы подвижного состава и строительных машин с большей надежностью определять продолжительность строительства. Модель является универсальной, она применима как для транспортного, так и для промышленного и гражданского строительства. Использование модели позволит с заданной надежностью рассчитать

время строительства объектов, повысить эффективность использования подвижного состава, строительных машин и бригад за счет их ритмичной и бесперебойной работы.

### Библиографический список

1. СНиП 1.04.03-85\*. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений. М.: ЦНИИ-ОМТ, 1990. – 136 с.
2. Демиденко, О.В. Экономико-математическая модель транспортного технологического процесса в строительстве / О.В. Демиденко // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2013. – №4 (14). – С. 20–25.
3. Свидетельство об отраслевой регистрации разработки 3058. Прогнозирование стоимости и продолжительности строительства зданий и сооружений / С.М. Кузнецов, Н.А. Сироткин. 19.12.2003.
4. ГОСТ Р 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. – Режим доступа: [http://www.elec.ru/library/gosts\\_t8/gost-r-8736-2011](http://www.elec.ru/library/gosts_t8/gost-r-8736-2011).
5. Гусаков, А.А. Организационно-технологическая надёжность строительства / А.А.Гусаков, С.А. Веремеенко, А.В.Гинзбург и др. – М.: Внешторг-издат, 1994. – 472 с.
6. ГОСТ Р 53480-2009. Надёжность в технике. Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2010. – 27с.
7. Щепотин, Г.К. Оценка надёжности технологического процесса / Г.К. Щепотин // Изв. вузов. Строительство. – 2013. – № 10. – С. 33 - 37.
8. Александров, А.Н. Организационно-технологическая надёжность экскаваторных комплектов / А.Н. Александров, К.С. Кузнецова // Механизация строительства. – 2010. – № 12. – С. 24 - 28.

### IMPROVEMENT OF JUSTIFICATION OF SEQUENCE OF CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

O.V. Demidenko, S.M. Kuznetsov

**Abstract.** This paper proposes a method for estimating the risk of organizational and technological construction, transport technology and mechanized processes. Leading processes for construction and installation work are machines and mechanisms. For the successful implementation of the production program of the construction company must be a joint operation of reliable transport and process, construction crews, construction machines and mechanisms. The developed model study of priority construction of buildings and structures allows to more reliably determine the duration of construction, more efficient use of vehicles, construction vehicles and crews by their rhythmic and smooth operation.

**Keywords:** transport and manufacturing process, optimization, sequence of construction of facilities,

organizational and technological risk, construction cars.

### References

1. SNIP 1.04.03-85\* Standards of construction duration and backlog in the construction of enterprises, buildings and structures. Moscow, TSNIOMT, 1990. 136 p.
2. Demidenko O.V. Jekonomiko-matematicheskaja model' transportno-tehnologicheskogo processa v stroitel'stve [Economic-mathematical model of transportation and technological process in the construction]. *Nauka o cheloveke: gumanitarnye is-sledovanija*, 2013, no 4 (14). pp. 20-25.
3. Kuznetsov S.M., Sirotkin N. A. The certificate on branch registration of development No. 3058 "Forecasting of cost and duration of construction of buildings and constructions" of 19.12.2003.
4. GOST R 8.736-2011 Gosudarstvennaja sistema obespechenija edinstva izmerenij. Izmere-nija prjamyje mnogokratnye. Metody obrabotki rezul'tatov izmerenij. Osnovnye polozhenija [State standard 8.736-2011 State system for ensuring the uniformity of measurements. Direct measurement of multiple. Methods of processing the measurement results ] Available at: [http://www.elec.ru/library/gosts\\_t8/gost-r-8736-2011](http://www.elec.ru/library/gosts_t8/gost-r-8736-2011).
5. Gusakov A.A., Veremeenko S.A., Ginzburg A.V. Organizacionno-tehnologicheskaja nadjozhnost' stroitel'stva []. Moscow, Vneshtorg-izdat, 1994. 472 p.
6. GOST R 53480-2009. Nadezhnost' v tehni-ke. Terminy i opredelenija [State standard R 53480-2009. Reliability in technique. Terms and definitions]. Moscow, Standartinform, 2010. 27 p.
7. Shhepotin G.K. Ocenka nadezhnosti tehnologicheskogo processa [Assessment process reliability]. *Izv. vuzov. Stroitel'stvo*, no 10. pp. 33 - 37.
8. Aleksandrov A.N., Kuznecova K.S. Organizacionno-tehnologicheskaja nadezhnost' jekska-vatoryh kom-plektov [Organizational and technological reliability excavation sets]. *Mehanizacija stroitel'stva*, 2010, no 12. pp. 24 – 28.

*Демиденко Ольга Владимировна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Коммерции, маркетинга и рекламы» НОУ ВПО Омская гуманитарная академия; доцент кафедры «Организация и технология строительства» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644115, г. Омск, ул. 4-я Челюскинцев, 2а, e-mail: dovanddms@yandex.ru).*

*Кузнецов Сергей Михайлович (Россия, г. Новосибирск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология, организация и экономика строительства» Сибирского государственного университета путей сообщения (630049, г. Новосибирск, ул. Д.Ковальчук, 191, e-mail: ksm56@yandex.ru).*

*Demidenko Olga Vladimirovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor of the department «Commerce, marketing and advertising» of Omsk Humanitarian Academy; associate professor of the department «Organization*



and technology of construction» of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644115, Omsk, 4th 2a Chelyuskintsev st., e-mail: dovanddms@yandex.ru).

Kuznetsov Sergey Mikhailovich (Russian Federation, Novosibirsk) – candidate of technical sciences,

associate professor of the department «Technology, organization and economy of construction» of the Siberian State Transport University (630049, Novosibirsk, 191 D. Kovalchuk st., e-mail: ksm56@yandex.ru).

УДК 625.731

### РАСЧЕТ АРМИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ КАК МНОГОСЛОЙНОЙ ПЛИТЫ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

С.А. Матвеев, Е.А. Мартынов, Н.Н. Литвинов  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В статье предложена расчетная модель армированного щебеночно-песчаного основания дорожной одежды с переменным модулем упругости, изменяющимся по глубине слоя по экспоненциальной зависимости. Расчетная модель базируется на представлении армированного слоя зернистого материала как многослойной плиты, состоящей из произвольного количества жестко сцепленных между собой сплошных слоев. Предложена методика расчета армированных оснований дорожных одежд, опирающаяся на экспериментальные данные. Рассмотрен конкретный пример расчета.

**Ключевые слова:** плита, щебеночно-песчаное основание, армирование, георешетка, расчетная модель.

#### Введение

Для укрепления дорожных одежд широко используются различные виды геосинтетики в качестве армирующих материалов. В то же время необходимо признать, что достаточно обоснованной теоретически и апробированной на практике методики расчета дорожных одежд, армированных геосинтетическими материалами, не существует. Одна из первых разработок расчетных моделей дорожных одежд, армированных объемными и плоскими георешетками, представлена в монографии [1]. Основным показателем, обосновывающим применение армирующих материалов в дорожном строительстве, является эффект армирования. Эффект армирования – процент снижения какого-либо критического параметра армированной конструкции относительно неармированной. Для случая нежестких дорожных одежд классический расчет выделяет три таких параметра: упругий прогиб покрытия, сдвиговые деформации в подстилающем грунте и растягивающие напряжения в монолитных слоях при изгибе. Два первых относятся в большей степени к основанию дорожной одежды, третий – к покрытию. Остановимся подробнее на расчете дорожных одежд по критерию упругого прогиба.

#### Постановка задачи

Требуется оценить влияние параметров армирования основания дорожной одежды на изменение упругого прогиба покрытия. За эффект армирования по прогибу примем

процент уменьшения упругого прогиба армированной конструкции, относительно неармированной

$$C_w = \left(1 - \frac{w_2}{w_1}\right) \cdot 100\% \quad (1)$$

где  $w_1$  – максимальный прогиб неармированной системы,  $w_2$  – максимальный прогиб армированной системы.

Будем рассматривать два способа оценки эффекта армирования по упругому прогибу: первый – вычисление эффекта армирования по формуле (1), в которую подставляем значения прогибов, полученные экспериментально; второй – вычисление эффекта армирования также по формуле (1), но в которую подставляем значения прогибов, вычисленные теоретически по разработанной авторами методике, представленной ниже. В качестве основной гипотезы примем, что слой щебня, который фактически представляет собой дискретную среду [2], будет вести себя как сплошная связная среда при условии, что в основании слоя размещена армирующая георешетка, воспринимающая растягивающие напряжения и тем самым обеспечивающая работу слоя как плиты на упругом основании. В таком случае для расчета армированного слоя щебеночного основания может быть использована техническая теория изгиба плит [3-6]. Будем считать, что слой щебня представляет собой сплошную плиту при на-

личии армирующей прослойки. Геометрические размеры такого слоя позволяют отнести его к жестким пластинам [7,8]. При малых деформациях основные усилия в таких пластинах возникают от изгиба. При этом появляются как сжимающие, так и растягивающие напряжения в слое. Щебень как дискретный материал не способен воспринимать растягивающие напряжения. При введении арми-

рующей прослойки щебенки заанкериваются в ней, а сама прослойка воспринимает растягивающие напряжения.

**Расчетная модель.** Армированный слой щебня будем рассматривать как многослойную плиту, состоящую из произвольного количества жестко сцепленных между собой слоев, нижний из которых моделирует армирующую прослойку (рис. 1а).

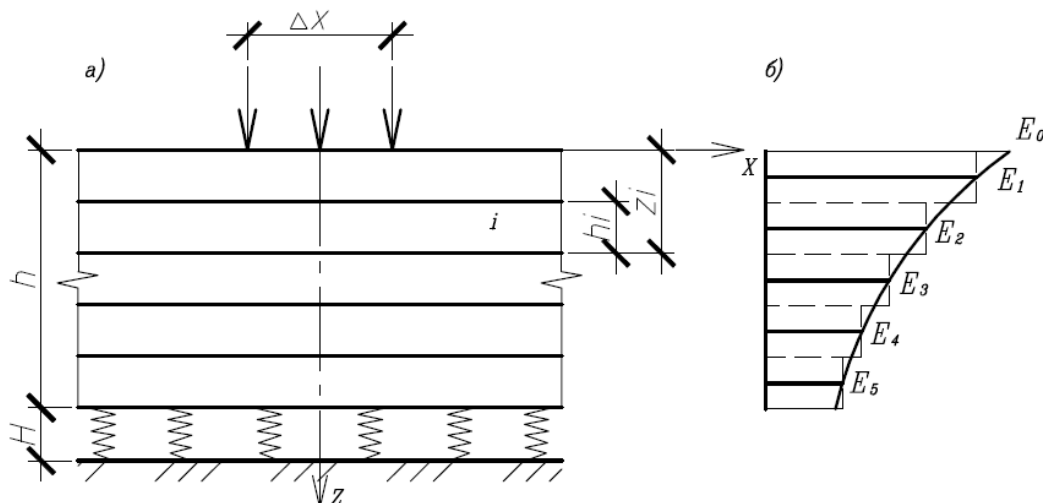


Рис. 1. Расчетная схема (а); распределение модулей упругости по слоям плиты (б)

Подстилающий слой песка работает как упругое основание [9,10]. Необходимо задать закон распределения модулей упругости слоев по глубине плиты. Выбор линейного закона распределения не позволит смоделировать выключение нижних слоев из работы с помощью одного аналитического выражения. Предположим, что модули упругости всех слоев многослойной плиты за исключением нижнего, моделирующего армирующую прослойку, будут изменяться с глубиной по экспоненциальной зависимости [11,12].

$$E(z) = E_0 \cdot \exp(-\gamma \cdot z) . \quad (2)$$

где  $E(z)$  –модуль упругости на глубине  $z$  от поверхности плиты;  $E_0$  –модуль упругости на поверхности плиты (при  $z=0$ );  $\gamma$  – коэффициент затухания;  $z$  – расстояние от поверхности плиты до рассматриваемой точки.

Выделим в плите произвольное количество слоев. Будем полагать, что расчетные значения модулей упругости многослойной плиты по слоям будут изменяться по глубине кусочно-постоянно. При этом, в пределах отдельного  $i$ -го слоя модуль упругости по толщине не меняется и численно равен значе-

нию  $E_i$ , взятому на уровне срединной ординаты данного слоя (рис. 1 б):

$$E_i = E_0 \cdot \exp[-\gamma \cdot 0,5(z_i + z_{i-1})], \quad (3)$$

где  $E_i$  –модуль упругости  $i$ -го слоя;  $z_{i-1}$  – расстояние от поверхности плиты до поверхности  $i$ -го слоя;  $z_i$  – расстояние от поверхности плиты до подошвы  $i$ -го слоя.

Коэффициент затухания  $\gamma$  для всех слоев принимается одинаковым и определяется эмпирически из условия равенства теоретического и фактического прогибов системы. Экспоненциальный закон, при достаточной точности, позволяет наиболее простым способом аппроксимировать затухание упругих характеристик по глубине. Аналогичным образом данная модель может быть применена и для случая отсутствия армирующей прослойки. При этом из расчетной схемы многослойной плиты исключается нижний армирующий слой. Модуль упругости в этом случае затухает быстрее и общая цилиндрическая жесткость плиты за счет этого уменьшится. Кривые распределения модулей упругости по глубине плиты для разных коэффициентов затухания  $\gamma$  представлены на рисунке 2.

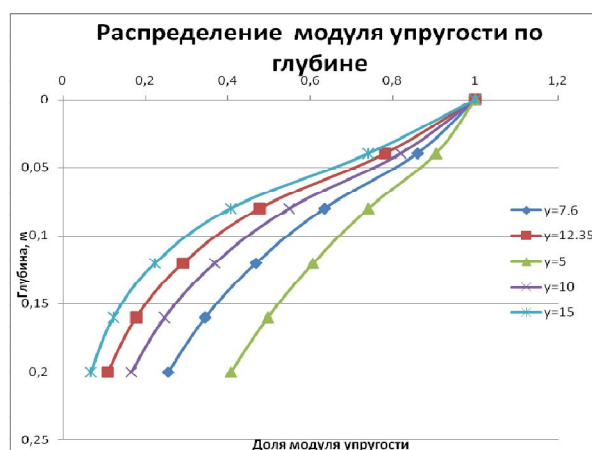


Рис. 2. График распределения модулей упругости по глубине

Примем, что при изгибе многослойной плиты для всего пакета составляющих ее слоев справедливы гипотезы Кирхгофа-Лява. В этом случае расчет плиты на упругом основании будем вести методом Бубнова-Галеркина по методике [12]. Расчетная схема плиты на упругом основании представляет собой многослойную плиту, нижней частью которой является армированный, лежащий на упругом основании. Размеры плиты в плане определяются размером чаши прогибов. На границах плиты в плане вертикальные прогибы должны отсутствовать.

**Пример расчета.** Рассмотрим в качестве примера армированную и неармированную конструкции, аналогичные по составу слоев: верхний – щебень фракции 40-70мм, нижний – песок средней крупности, загруженную равномерно распределенной нагрузкой интенсивностью 530 кПа, приложенной на квадратной площадке размерами  $\Delta X = \Delta Y = 0,33\text{м}$  (рис.3).

Второй вариант конструкции представляет собой аналогичную двухслойную систему, на границе раздела слоев которой уложен армирующий материал. В качестве армирующего материала используется георешетка со стальными волокнами в пластиковой оболочке типа РД по СТО 30478650-001-2012. Толщина щебеночного слоя  $h = 0,2\text{м}$ , песчаного –  $H = 1\text{м}$ . Модуль упругости песчаного слоя определен экспериментально и составил  $E = 86\text{МПа}$ . Коэффициенты Пуассона для щебня и песка равны 0,3. Размер плиты в плане  $1,5 \times 1,5\text{м}$ . По контуру плита принимается шарнирно опертой.

Сопоставим между собой армированную и неармированную конструкции. По результатам экспериментов [12] упругий прогиб для армированной конструкции составил  $w_2 =$

$0,86\text{мм}$ , для неармированной  $w_1 = 1,46\text{мм}$ . Просчитаем прогибы при разных значениях  $\gamma$ . Зададимся значением  $\gamma = 7,6$ . Выделим в плите пять слоев, каждый толщиной  $0,04\text{м}$ , что в совокупности дает толщину плиты  $0,2\text{м}$ . Расстояния от поверхности до подошвы слоя составят:  $z_0=0$ ;  $z_1=0,04\text{м}$ ;  $z_2=0,08\text{м}$ ;  $z_3=0,12\text{м}$ ;  $z_4=0,16\text{м}$ ;  $z_5=0,2\text{м}$ . Модуль упругости плиты на поверхности примем  $E_0=400\text{МПа}$ . Тогда модули упругости слоев в соответствии с (3) составят  $E_1 = 296\text{МПа}$ ,  $E_2 = 162\text{МПа}$ ,  $E_3 = 89\text{МПа}$ ,  $E_4 = 49\text{МПа}$ ,  $E_5 = 27\text{МПа}$ .

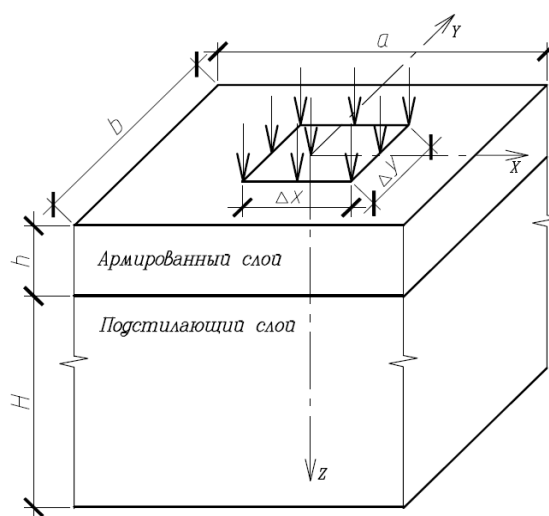


Рис. 3. Схема конструкции

прогиб  $w_2$ , вычисленный при значении коэффициента затухания  $\gamma = 7,6$  составил  $0,86\text{мм}$ , что точно соответствует значению прогиба, полученному экспериментально. Аналогичным образом устанавливаем, что при коэффициенте затухания  $\gamma = 12,35$  вычисленный теоретически прогиб  $w_1$  для неармированной конструкции соответствует значению  $w_1$ , полученному экспериментально.

**Выводы**

Из графиков, представленных на рисунке 2, видно, что при экспоненциальном законе распределения модуля упругости слоя по глубине при больших значениях коэффициента  $\gamma$ , соответствующих неармированной конструкции, модули упругости нижней половины щебеночного слоя близки к нулю. Так, для значений коэффициента  $\gamma$ , соответствующих неармированной конструкции, модуль упругости нижнего слоя составляет лишь 11% от модуля упругости на поверхности. Тогда как у армированной конструкции этот показатель составляет 25%. Это косвенно подтверждает гипотезу о том, что в неармированных конструкциях рабочая толщина щебеночного слоя составляет примерно по-

ловину от отсыпанной, за счет выключения из работы растянутой части слоя. В армированных конструкциях толщина слоя используется более полно, за счет применения армирующего материала, воспринимающего растягивающие напряжения. Однако снижение модуля упругости по глубине слоя происходит достаточно быстро. Этот факт не позволяет отнести армированные щебеночные основания к типу жестких дорожных одежд.

Полученные значения эмпирических коэффициентов  $\gamma$  не являются абсолютно точными. При изменении количества слоев рассматриваемой конструкции их значения могут меняться. Но характер распределения модулей упругости по глубине многослойной плиты переменной жесткости остается постоянным и определяет прогибы на ее поверхности и напрямую влияет на эффект армирования.

#### Библиографический список

1. Матвеев, С.А. Армированные дорожные конструкции: моделирование и расчет / С.А. Матвеев, Ю.В. Немировский. – Новосибирск: Наука, 2006. – 348 с.
2. Клейн, Г.К. Строительная механика сыпучих тел / Г.К. Клейн. – М.: Стройиздат, 1977. – 256 с.
3. Матвеев, С.А. Решение плоской задачи для армированной многослойной дорожной одежды / С.А. Матвеев, Н.Н. Литвинов // Вестник СибАДИ. – 2012. – № 1 (23). – С. 44-46.
4. Болотин, В.В. Механика многослойных конструкций / В.В. Болотин, Ю.Н. Новичков. – М.: Машиностроение, 1980. – 375 с.
5. Киселев, В.А. Расчет пластин / В.А. Киселев. – М.: Стройиздат, 1973. – 151 с.
6. Амбарцумян, С.А. Теория анизотропных пластин / С.А. Амбарцумян. – М.: Наука, 1987. – 360 с.
7. Александров, А.В. Основы теории упругости и пластичности / А.В. Александров, В.Д. Потапов. – М.: Высш. шк., 1990 – 400 с.
8. Самуль, В.И. Основы теории упругости и пластичности / В.И. Самуль. – М.: Высш. шк., 1982 – 264с.
9. Корнев, Б.Г. Расчет плит на упругом основании / Б.Г. Корнев, Е.И. Черниговская. – М.: Госстройиздат, 1962. – 356 с.
10. Симвулиди, И.А. Расчет инженерных конструкций на упругом основании / И.А. Симвулиди. – М.: Высш. шк., 1972 – 431 с.
11. Пискунов, В.Г. Расчет неоднородных плоских оболочек и пластин методом конечных элементов / В.Г. Пискунов. – К.: Вища школа, 1987. – 200с.
12. Матвеев, С.А. Экспериментально-теоретические исследования армированного основания дорожной одежды / С.А. Матвеев, Е.А. Мартынов, Н.Н. Литвинов // Вестник СибАДИ. – 2015. – № 4 (44). – С. 80-86.

#### CALCULATION OF THE REINFORCED DESIGN OF ROAD CLOTHES AS MULTILAYERED PLATE ON THE ELASTIC BASIS

S.A. Matveev, E.A. Martynov, N. N. Litvinov

**Abstract.** In article the settlement model of the reinforced crushed-stone-sand basis of road clothes with the variable module of elasticity changing on layer depth on exponential dependence is offered. The settlement model is based on representation of the reinforced layer of granular material as the multilayered plate consisting of any quantity of the continuous layers which are rigidly linked among themselves. The method of calculation of the reinforced bases of road clothes leaning on experimental data is offered. A concrete example of calculation is reviewed.

**Keywords:** plate, crushed-stone-sand basis, reinforcing, geolattice, settlement model.

#### References

1. Matveev S.A., Nemirovskij Ju.V. *Armirovannye dorozhnye konstrukcii: modelirovanie i raschet* [The reinforced road designs: modeling and calculation]. Novosibirsk: Nauka, 2006. 348 p.
2. Klejn G.K. *Stroitel'naja mehanika sypuchih tel* [Construction mechanics of loose bodies]. Moscow, Strojizdat, 1977. 256 p.
3. Matveev S.A., Litvinov N.N. Reshenie ploskoj zadachi dlja armirovannoj mnogoslojnoj dorozhnoj odezhdy [The solution of a flat task for the reinforced multilayered road clothes]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 1 (23). pp. 44-46.
4. Bolotin V.V., Novichkov Ju.N. *Mehanika mnogoslojnyh konstrukcij* [Mekhanik of multilayered designs]. Moscow, Mashinostroenie, 1980. 375 p.
5. Kiselev V.A. *Raschet plastin* [Calculation of plates]. Moscow, Strojizdat, 1973. 151 p.
6. Ambarcumjan S.A. *Teorija anizotropnyh plastin* [Theory of anisotropic plates]. Moscow, Nauka, 1987. 360 p.
7. Aleksandrov A.V., Potapov V.D. *Osnovy teorii uprugosti i plastichnosti* [Bases of the theory of elasticity and plasticity]. Moscow, Vyssh. shk., 1990 400 p.
8. Samul' V.I. *Osnovy teorii uprugosti i plastichnosti* [Bases of the theory of elasticity and plasticity]. Moscow, Vyssh. shk., 1982. 264 p.
9. Korenev B.G., Chernigovskaja E.I. *Raschet plit na uprugom osnovanii* [Calculation of plates on the elastic basis]. Moscow, Gosstrojizdat, 1962. 356 p.
10. Simvulidi I.A. *Raschet inzhenernyh konstrukcij na uprugom osnovanii* [Calculation of engineering designs on the elastic basis]. Moscow, Vyssh. shk., 1972. 431 p.
11. Piskunov V.G. *Raschet neodnorodnyh pologih obolochek i plastin metodom konechnykh jelementov* [Calculation of non-uniform flat covers and plates by method of final elements]. Kiev, Vishha shkola, 1987. 200 p.
12. Matveev S.A., Martynov E.A., Litvinov N.N. *Jeksperimental'no-teoreticheskie issledovanija armirovannogo osnovanija dorozhnoj odezhdy* [xperimental and theoretical researches of the reinforced basis of road clothes]. *Vestnik SibADI*, 2015, no 4 (44). pp. 80-86.

*Матвеев Сергей Александрович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительная механика и геотехнологии», ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: dfsibadi@mail.ru).*

*Мартынов Евгений Анатольевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Строительная механика и геотехнологии» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: asp\_evlg@mail.ru).*

*Литвинов Николай Николаевич (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры «Строительная механика и геотехнологии» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: niklitvinov\_23i@mail.ru).*

*Matveev Sergey Aleksandrovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, profes-*

*sor of the department «Construction mechanics and geotechnologies», The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: dfsibadi@mail.ru).*

*Martynov Evgeny Anatolyevich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor of the department "Construction mechanics and geotechnologies", The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: asp\_evlg@mail.ru).*

*Litvinov Nikolay Nikolaevich (Russian Federation, Omsk) – the senior teacher of the department «Construction mechanics and geotechnologies», The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: niklitvinov\_23i@mail.ru).*

УДК 625.71.8

### ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ОТРЯДА ДОРОЖНЫХ МАШИН ДЛЯ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ГОРОДСКИХ УЛИЦ И ДОРОГ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НА РЕЖИМЫ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

И.В. Слепцов

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** Приведены уравнения регрессии скорости автомобильного потока от рабочей скорости отряда дорожных машин и часовой интенсивности движения в зоне производства работ на магистральных улицах города. Рабочую скорость отрядов дорожных машин предложено принимать не менее средней скорости движения транспортного потока с учетом состояния поверхности покрытия, интенсивности и состава движения. Представлена последовательность расчета оптимального состава отряда дорожных машин для дорожно-эксплуатационной организации, содержащей городскую улично-дорожную сеть.

**Ключевые слова:** отряд дорожных машин, зимнее содержание, транспортный поток.

#### Введение

В процессе производства работ по зимнему содержанию городских улиц и дорог (ГУДС) дорожные машины вносят в транспортный поток ряд существенных помех большими габаритами и низкой рабочей скоростью: повышается плотность, снижается скорость движения транспортного потока, возникают заторы.

При разработке вопросов механизации зимнего содержания не учитывается влияние параметров как отдельных, так и отрядов дорожных машин на режимы движения автомобильного потока в зоне проведения работ. Это объясняется тем, что существующие организационно-технологические решения зимнего содержания ГУДС [1] сформированы на концептуальных подходах 80-х годов прошлого столетия, когда в большинстве городов

движение транспортных средств осуществлялось в условиях свободного потока.

В работе [2] автором предложена имитационная модель обгона дорожной техники легковыми автомобилями в условиях пониженных сцепных качеств покрытия и ограниченной видимости при зимнем содержании внегородских дорог. Автор [2] приходит к выводу, что при патрульной снегоочистке снижение пропускной способности достигает 32 %, а при обработке дорог противогололедными материалами – 2...4 %.

Однако такие результаты не применимы к городским улицам. Это объясняется следующими факторами: плотность движения на улично-дорожной сети значительно выше, чем на внегородских дорогах; разрешенные скорости для транспортных средств составляют 60 и 90 соответственно. В работе [2] не

ставилась задача снижения негативного влияния отрядов дорожных машин на режимы движения транспортных потоков.

**Состав отрядов дорожных машин с учетом влияния на режимы движения транспортных потоков**

Режимы движения транспортных потоков (ТП) на городской улично-дорожной сети зависят от дорожных условий. Совокупность дорожных условий состоит из постоянных и переменных характеристик. К постоянным отнесены параметры и характеристики, которые не меняются в процессе эксплуатации улиц и дорог или изменяются редко (при реконструкции или капитальном ремонте). К переменным (временным или сезонным) относятся параметры и характеристики улиц и дорог, изменяющиеся в течение года под

воздействием неблагоприятных метеорологических явлений и транспортных средств.

Наиболее часто воздействие неблагоприятных климатических явлений на дорожные условия проявляется в зимний период. Это выражается в снижении коэффициента сцепления на покрытии, эффективной ширины проезжей части и видимости.

Для обеспечения нормальных условий движения транспортного потока в зимний период дорожно-эксплуатационные службы (ДЭС) выполняют следующие виды работ: распределение противогололёдных материалов, сгребание и подметание снежной массы, погрузка и вывоз снежных валов.

В таблице 1 представлены виды нарушений режимов движения автомобилей при выполнении технологических операций по зимнему содержанию ГУДС.

Таблица 1 – Виды нарушений режимов движения автомобилей при выполнении технологических операций по зимнему содержанию ГУДС

Технологическая операция	Влияние на режим движения ТП	Вид нарушения режима движения автомобилей
распределение противогололёдных материалов	влияет	снижение скорости автомобилей в результате нахождения на проезжей части медленно движущейся одиночной дорожной машины или отряда машин
снегоочистка проезжей части	влияет	снижение скорости автомобилей в результате нахождения на проезжей части медленно движущегося отряда дорожных машин
погрузка и вывоз снежных валов	влияет	снижение скорости автомобилей в результате закрытия полосы движения

Таким образом, наличие в составе городского транспортного потока дорожных машин, выполняющих технологические операции со скоростями, ограниченных с одной стороны техническими характеристиками самих машин и технологическими требованиями, с другой стороны скоростью транспортного потока, будет влиять на скоростной режим всего транспортного потока.

На сегодняшний день существует большое количество производителей, предоставляющих дорожные машины с различными техническими характеристиками и стоимостью. Производители дают возможность заказчику компоновать основные системы машины для получения требуемых технических характеристик. Например: выбор типа шасси, мощности двигателя, типа привода технологического оборудования, числа и вида технологического оборудования, его характеристик,

способа управления навесным оборудованием и т.д.

Оптимально подобранные характеристики дорожной машины не гарантирует качественного взаимодействия отдельной машины в составе отряда и парка машин в целом.

Работы по зимнему содержанию должны выполняться таким образом, чтобы в минимальной степени создавать помехи городскому движению, т.е. с рабочими скоростями близкими к скорости транспортного потока. Однако следует учитывать, что при наличии зимней скользкости на дорожном покрытии средние скорости транспортного потока снижаются. В таблице 2 приведены коэффициенты сцепления и средние скорости движения транспортного потока при различных характерных состояниях поверхности дорожного покрытия в зимний период.

Таблица 2 – Коэффициенты сцепления и средние скорости движения транспортного потока при характерных состояниях поверхности дорожного покрытия в зимний период на 6-ти полосной магистральной улице

№ п/п	Состояние покрытия	Коэффициент сцепления при скорости 20 км/ч	Скорость транспортного потока, км/ч
1	слой рыхлого снега h=5...10 мм	0,30	50
2	слой рыхлого снега h=10...20 мм	0,20	43
3	слой рыхлого снега h=20...40 мм	0,15	30
4	гололедеца	0,15	30

Расчеты по определению средней скорости транспортного потока выполнены по зависимостям, приведенных в [3,4,5], для часовой интенсивности 700 авт./ч на полосу, с долей легковых автомобилей в транспортном потоке свыше 85%:

$$\bar{V} = V_{\phi \max} - t\sigma_{V_{\phi}} - \Delta V, \quad (1)$$

$$V_{\phi \max} = \frac{m \cdot \varphi_{20} - f_{20} \pm i}{m \cdot \beta_{\phi}} + 20, \quad (2)$$

$$\Delta V = \alpha_u \cdot N, \quad (3)$$

где  $\bar{V}$  - средняя скорость движения транспортного потока с учетом состояния поверхности покрытия, интенсивности и состава движения, км/ч;  $V_{\phi \max}$  - максимально возможная скорость движения автомобилей из условия сцепления колеса автомобиля с покрытием и с учетом сопротивления качению, км/ч;  $t$  - функция доверительной вероятности или гарантийный коэффициент;  $\sigma_{V_{\phi}}$  - среднее квадратическое отклонение скорости движения автомобилей в свободных условиях, км/ч;  $\Delta V$  - снижение скорости автомобилей под воздействием интенсивности и состава транспортного потока, км/ч;  $m$  - коэффициент сцепного веса;  $\varphi_{20}$  - коэффициент сцепления при скорости до 20 км/ч;  $\beta_{\phi}$  - коэффициент, учитывающий снижение сцепных качеств с увеличением скорости движения;  $i$  - продольный уклон, д.ед.;  $f_{20}$  - коэффициент сопротивления качению при скорости до 20 км/ч;  $\alpha_u$  - коэффициент, учитывающий влияние интенсивности движения;  $N$  - часовая интенсивность движения автомобилей в одном направлении, авт/ч.

Таким образом, рабочая скорость отряда дорожных машин должна быть не меньше средней скорости транспортного потока, приведенной в таблице 2.

Автором были выполнены экспериментальные исследования режимов движения автомобильного потока в зоне производства работ по распределению ПГМ, снегоочистке и

удалению снежных валов на магистральных улицах г.Омск. Некоторые результаты исследований приводились в работе [6]. По результатам натурных измерений получены уравнения регрессии скорости автомобильного потока от рабочей скорости отряда дорожных машин и часовой интенсивности движения в зоне производства работ:

- при распределении противогололёдных материалов по слою рыхлого снега 10...20 мм:

$$\hat{y}_{ПГМ} = 63,97 + 0,49x_1 - 0,02x_2 - 2,77x_3, \quad (4)$$

- при сгребании и сметании снежной массы:

$$\hat{y}_{оч} = 79,79 + 0,89x_1 - 0,04x_2, \quad (5)$$

- при удалении снежных валов:

$$\hat{y}_{y\partial} = 53,08 - 0,08x_2, \quad (6)$$

где  $\hat{y}_{ПГМ}$  - средняя скорость автомобильного потока при распределении противогололёдных материалов по слою рыхлого снега,

км/ч;  $\hat{y}_{оч}$  - средняя скорость автомобильного потока при сгребании и сметании снежной

массы с проезжей части, км/ч;  $\hat{y}_{y\partial}$  - средняя скорость автомобильного потока в зоне производства работ по удалению снежных валов лаповым погрузчиком, км/ч;  $x_1$  - рабочая скорость отряда дорожных машин, км/ч;  $x_2$  - часовая интенсивность транспортного движения в зоне производства работ в одном направлении, авт./ч;  $x_3$  - число машин в отряде, ед.

Проверка на адекватность коэффициентов регрессии выполнена с использованием  $t$ -критерия и путем анализа показателя  $r$  (или  $\alpha$ ). Все коэффициенты уравнения являются значимыми. Расхождение практических и теоретических данных не превышает 9%.

Итак, оптимизация отряда дорожных машин для зимнего содержания ГУДС сводится к подбору рабочей скорости отряда дорожных машин по неравенству:

$$V_{раб} \geq \bar{V}, \quad (7)$$

где  $V_{\text{раб}}$  - рабочая скорость отряда дорожных машин, км/ч.

В качестве примера ниже приведена последовательность расчета оптимального состава отряда дорожных машин для дорожно-эксплуатационной организации, содержащей городскую улично-дорожную сеть.

Снегоочистка с применением противогололедных материалов (комплексная технология) основывается на технологической последовательности применения средств механизации с использованием химических реагентов.

Химические реагенты, попадая в снег, образуют растворы. В таком состоянии снежная масса находится в сыпучем состоянии, длительное время не уплотняется под действием колес транспортных средств, не смерзается с покрытием и остается подвижной.

К основным этапам комплексной технологии относятся: выдержка, обработка реагентами, интервал, сгребание и сметание снега и шуги. Технологические режимы данных этапов разработаны в АКХ им. Памфилова [1] и приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные показатели технологического процесса комплексной снегоочистки [1]

Режим	Интенсивность снегопада, мм/ч	Продолжительность этапов, ч				
		выдержка	обработка реагентами	интервал	сгребание и сметание	всего
1	0,5 – 1,0	0,75	1	3	3	7,75
2	1 – 3	0,25	1	-	3	4,25
3	свыше 3	0,25	1	-	1,5	2,75

В зависимости от температуры воздуха и вида применяемого противогололедного реагента, устанавливается норма расхода реагента (таблица 4).

В зависимости от температуры воздуха и вида применяемого противогололедного реагента, устанавливается норма расхода реагента (таблица 4).

Таблица 4 – Нормы расхода противогололедных реагентов

Вид реагента	Ед. изм.	Расход реагента при температурах воздуха, °С				
		от 0 до -4	от -4 до -8	от -8 до -12	от -12 до -16	от -16 до -20
твердый	г/м <sup>2</sup>	20-30	30-50	50-60	60-70	70-80
жидкий	мл/м <sup>2</sup>	25-45	45-70	70-80	-	-
	г/м <sup>2</sup>	30-55	55-85	85-95	-	-

Распределение противогололедных материалов производится дорожными машинами типа ЭД-405ПС и КО-713Н при рабочих скоростях 40 км/ч. Скорость транспортного потока в процессе распределения противогололедных материалов на магистральной улице при рабочей скорости 40 км/ч:

$$\hat{y}_{\text{ПТМ}} = 63,97 + 0,49 \cdot 40 - 0,02 \cdot 2100 - 2,77 \cdot 2 = 36 \text{ км/ч.}$$

Расчет представлен для шестиполосной магистральной улицы с интенсивностью движения 700 авт./ч на одну полосу.

С учетом неравенства (7) рабочая скорость распределения противогололедных материалов из условия снижения негативного влияния на режим движения транспортного потока должна составлять:

$$V_{\text{раб}} \geq 43 \text{ км/ч.}$$

Механизированное сгребание и сметание снежной массы с проезжей части выполняется при рабочей скорости 20...25 км/ч. В процессе сгребания и сметания колонна из пяти снегоочистителей обеспечивает отбрасывание снежной массы в лотковую часть. К недостаткам данной технологии можно отнести рабочую скорость сгребания и сметания. Однако если снегоочистку выполнять только

плужным отвалом, то после прохода остается снежная масса толщиной 1-2 см, что требует заключительной операции сметания. Применяемый метод организации работ по снегоочистке городских улиц и дорог характеризуется однооперационностью (выполнение операций за минимальное количество проходов).

Скорость транспортного потока в процессе снегоочистки магистральных улиц при рабочей скорости 20 км/ч:

$$\hat{y}_{\text{оч}} = 79,79 + 0,89 \cdot 20 - 0,04 \cdot 2100 = 14 \text{ км/ч.}$$

В соответствии с неравенством (7) рабочая скорость сгребания и сметания снежной массы из условия снижения негативного влияния на режим движения транспортного потока должна составлять:

$$V_{\text{раб}} \geq 30 \text{ км/ч.}$$

Последовательность формирования состава отряда дорожных машин для зимнего содержания ГУДС с учетом влияния на режимы движения транспортных потоков имеет семь этапов.

Этап 1. Выбор вида работ.

Этап 2. Выбор технологического маршрута, для которого необходимо сформировать оптимальный отряд машин.



Этап 3. Выбор типа дорожных машин (снегоочистители, распределители ПГМ или КДМ, обеспечивающие выполнение выбранной технологической операции) в соответствии с наличными ресурсами ДЭС.

Этап 4. Расчет числа машин в отряде. Расчет выполняется в зависимости от ширины проезжей части магистральной улицы, входящей в маршрут.

Этап 5. Формирование варианта отряда машин. На данном этапе выполняется перебор множества допустимых вариантов отрядов машин. Из наличного состава машин  $n$ , количество вариантов отряда, состоящего из  $k$ -машин, будет равняться:

$$\frac{n!}{k!(n-k)!} \quad (8)$$

Для сокращения числа возможных вариантов принято ограничение по рабочей скорости – разница рабочих скоростей дорожных машин, укомплектованных в отряд, не должна превышать 5 км/ч:

$$V_j^{раб} - V_{j+1}^{раб} \leq |5|, \quad (9)$$

где  $V_j^{раб}$ ,  $V_{j+1}^{раб}$  – рабочие скорости, соответственно  $j$ -го и  $j+1$ -го номера машины в отряде, км/ч; 5 – разница рабочих скоростей, км/ч.

Этап 6. Расчет средней скорости транспортного потока в зоне производства работ сформированным отрядом (4-6).

Этап 7. Выбор структуры отряда, приводящей к экстремуму функционал:

$$\left( \hat{y}_{ПГМ}; \hat{y}_{оч}; \hat{y}_{уд} \right) \rightarrow \max. \quad (10)$$

### Заключение

Оценка характера влияния отряда дорожных машин на изменение условий движения в зоне производства работ позволяет подобрать оптимальные рабочие скорости, снижающие затраты в сфере транспорта. Дорожные машины с наибольшей рабочей скоростью не гарантируют наименьшего негативного влияния на режимы транспортных потоков, так как рабочая скорость ограничивается скоростью движения автомобильного потока.

Сложившееся направление совершенствования организации работ и технологии по зимнему содержанию ГУДС в сторону однооперационного подхода имеет недостаток в виде низкой рабочей скорости. Этот фактор определяет требование к городской снегоочистительной технике. Учет средней скорости движения транспортного потока при характерных состояниях поверхности дорожно-

го покрытия в зимний период, степени влияния параметров дорожных машин на режимы транспортного потока позволяет оптимизировать состав дорожных машин, минимизирующий негативное влияние на условия движения автомобильного потока при производстве работ по зимнему содержанию ГУДС.

### Библиографический список

1. Рекомендации по технологии уборки проезжей части городских дорог с применением средств комплексной механизации: утв. АКХ им. Памфилова 01.01.1989: введ. в действие с 01.01.1989. – М.: 1989. – 36 с.
2. Гаспарян, А.С. Разработка технологических схем производства работ по зимнему содержанию автомобильных дорог, повышающих безопасность движения: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж: 2011. – 162 с.
3. Васильев, А.П. Проектирование дорог с учетом влияния климата на условия движения / А.П. Васильев. – М.: Транспорт, 1986. – 248 с.
4. Лобанов, Е.Н. Пропускная способность автомобильных дорог / Е.Н. Лобанов, В.В. Сильянов и др. – М.: Транспорт, 1970. – 152 с.
5. Бабков, В.Ф. Проектирование автомобильных дорог, Ч I: Учебник для вузов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. – М.: Транспорт, 1987. – 368 с.
6. Боброва, Т. В. Моделирование решений по снегоочистке городской улично-дорожной сети в многоагентной системе / Т.В. Боброва, И.В. Слепцов // Вестник СибАДИ. – 2013 – С. 51-57.

### OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF ROAD MACHINES BRIGADE FOR WINTER MAINTENANCE OF CITY STREETS AND ROADS TAKING INTO ACCOUNT IMPACT ON CONDITIONS TRAFFIC FLOW

I.V. Sleptsov

**Abstract.** The equations of the regression rate of motor flux on the operating speed of traffic squad cars and watch traffic in the area of works on the main streets of the city. Working units speed road cars invited to take a minimum average speed of traffic flow, taking into account the state of the coating surface, the intensity and composition of traffic. It shows the sequence of calculation of the optimal composition of the detachment of road vehicles for road-maintenance organization, containing the city's road network.

**Keywords:** group of road cars, winter contents, transport stream.

### References

1. Recommendations on cleaning technology carriageway urban road with funds complex mechanization: approved. AKH them. Pamfilova 01.01.1989: entry into force on 01.01.1989. Moscow, 1989. – p.36.
2. Gasparjan A.S. *Razrabotka tehnologicheskikh shem proizvodstva rabot po zimnemu sodержaniju avtomobil'nyh dorog, povyshajushhih bezopasnost' dvizhenija*

*pasnost' dvizhenija: Avtoref. dis. kand. tehn. nauk* [The development of technological schemes of production of winter maintenance of roads, enhancing traffic safety: author. dis. cand. tehn. sciences]. Voronezh: 2011. 162 p.

3. Vasil'ev A.P. *Proektirovanie dorog s uchetom vlijanija klimata na uslovija dvizhenija* [Designing roads with the influence of climate on the traffic conditions]. Moscow, Transport, 1986. 248 p.

4. Lobanov E.N., Sil'janov V.V. *Propusknaja sposobnost' avtomobil'nyh dorog* [The capacity of the roads]. Moscow, Transport, 1970. 152 p.

5. Babkov V.F., Andreev O.V. *Proektirovanija avtomobil'nyh dorog* [Road design]. Moscow, Transport, 1987. 368 p.

6. Bobrova T.V., Sleptsov I.V. *Modelirovanie reshenij po snegoochistke gorodskoj ulichno-dorozhnoj*

*seti v mnogoagentnoj sisteme* [Simulation solutions for snow removing the urban road network in the multi-agent system]. *Vestnik SibADI*, 2013. pp. 51-57.

*Слепцов Игорь Викторович (Россия, г. Омск) – аспирант кафедры «Экономика и проектное управление в транспортном строительстве» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: sleptsov\_igor@mail.ru).*

*Sleptsov Igor Viktorovich (Russian Federation, Omsk) – the graduate student of "Economy and Project Management in Transport Construction" chair of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: sleptsov\_igor@mail.ru).*

УДК 625.7

## ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ

А.В. Смирнов, Е.В. Андреева, В.Ф. Игнатов  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация:** Рассмотрены модели загрузки слоев многослойной дорожной конструкции при воздействии подвижной вертикальной нагрузки, а также формы затухающих колебаний. Численным анализом установлены значения динамического прогиба, его скорости и ускорений колебаний, динамических напряжений сжатия – растяжения, являющихся критериями прочности, а также ориентиром для испытаний дорожно-строительных материалов на выносливость.

**Ключевые слова:** динамический прогиб, скорости и ускорения колебаний, импульсы напряжений.

### Введение

Динамические процессы в дорожных конструкциях проезжей части автомагистралей являются естественной их реакцией на кратковременное ударное воздействие колес подвижных транспортных средств. Проявляются процессы в слоях дорожных конструкций в форме напряжений и знакопеременных перемещений (колебаниях). Динамические процессы изучены еще недостаточно, чтобы с их использованием улучшить дорожные конструкции или увеличить срок их службы. В связи с этим в данной статье показаны модели и критерии динамических процессов\*.

### Постановка задачи, алгоритм и методы решения

Необходимо установить параметры и характеристики динамического процесса, развивающегося в слоистой многослойной системе при горизонтальном движении вертикальной нагрузки.

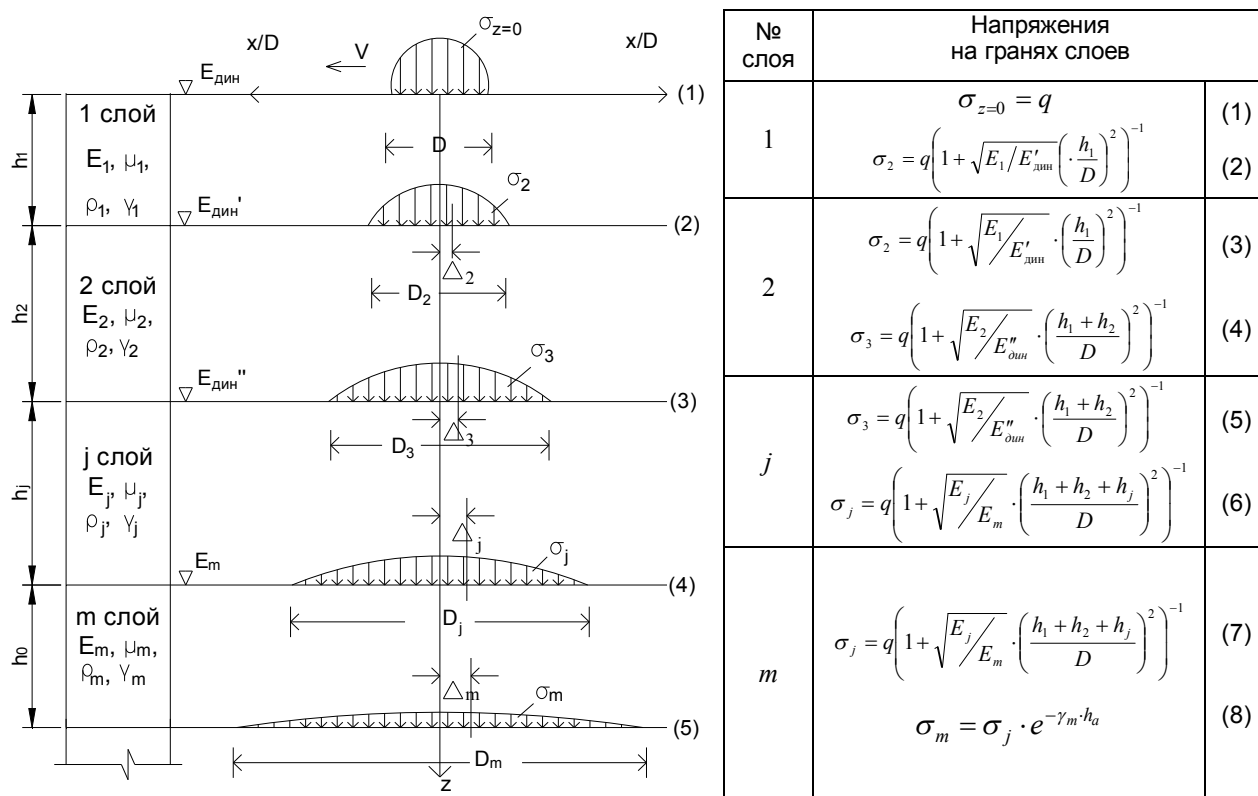
Многослойная система состоит из  $m$  числа плоско-параллельных слоев ( $1 \leq j \leq m$ ).

Каждый слой характеризуется динамическим модулем упругости  $E_j$ , плотностью  $\rho_j$  коэффициентом Пуассона  $\mu_j$ , скоростью распространения продольных волн напряжений  $C_{pj}$ , коэффициентом затухания напряжений  $\gamma_j$ , толщиной  $h_j$ . Нагрузка  $P$  распределена по круговой площадке диаметром  $D$ , с максимальным удельным давлением  $q$  и меняется во времени по закону  $\sigma_1 = \frac{4P}{\pi D^2} \cdot \sin\left(\pi \frac{t}{T_0}\right)$ . Здесь  $t$  время, а  $T_0 = \frac{D}{V}$  – время действия нагрузки горизонтально движущейся со скоростью  $V$ .

### Алгоритм решения

1. Ниже показана схема распределения напряжений сжатия их расчет по плоскостям слоев (формулы с 1 по 8). Предварительно устанавливаются последовательно  $E_m$ ,  $E_{дин.}$ ,  $E_{дин.}$  и  $E_{дин.}$  по известным методикам приведения двухслойной системы к однослойной [1,2].

\*В подготовке материалов статьи приняла участие Грязнова М.К. – бакалавр ФГБОУ ВПО «СибАДИ»



При этом толщину нижнего грунтового слоя назначают из соображений, что напряжения сжатия составят не более 5 % от напряжений на поверхности этого слоя:  $h_0 = \frac{3}{\gamma_m}$  при коэффициенте затухания  $\gamma_m = 0,03 \text{ см}^{-1}$ . Затем вычисляют среднее напряжение в слое как  $\sigma_j^{cp} = \frac{\sigma_j + \sigma_{j-1}}{2}$ .

2. Рассчитывают динамический прогиб слоя по формуле:

$$u_j = \frac{\sigma_j^{cp} \cdot h_j (1 - \mu_j^2)}{E_j} \left( 1 - \frac{t}{5T_{0j}} \right) \cdot \sin \left( \pi \frac{t}{T_{0j}} \right). \quad (9)$$

Здесь  $\mu_j$  – коэффициент Пуассона,  $T_{0j} = \frac{D_{j-1}}{V}$ ;  $D_{j-1} = D \cdot \sqrt{\frac{q}{\sigma_{j-1}}}$ ;  $\left( 1 - \frac{t}{5T_{0j}} \right)$  – функция учета убывания амплитуд колебаний в три раза по Бесселю как  $J_1(x)$  при  $x = T_0 \div 5T_0$  [3].

Рассчитывают полный динамический прогиб слоистой конструкции [2,4]:

$$u_{дин} = \sum_1^m u_j. \quad (10)$$

Рассчитывают отставание (запаздывание) динамических прогибов слоев от центра приложения нагрузки

$$\Delta_j = \frac{h_{j-1}}{c_{j-1}} \cdot V \cdot \sum_1^{j-1} \Delta_{j-1}. \quad (11)$$

Здесь  $c_{j-1} = \sqrt{\frac{E_{j-1} \cdot g_0}{\rho_{j-1} (1 - \mu_{j-1})^2}}$  – скорость

распространения продольных волн в слое, а  $g_0 = 981 \text{ см/с}^2$ .

3. Устанавливают параметры динамического процесса в слоистой конструкции путем расчета:

а) Динамического прогиба поверхности –

$$u_{дин} = \sum_1^m u_j;$$

б) Производных прогиба по поверхности:

$$\frac{du}{dS} \approx \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta S} \text{ и } \frac{d^2u}{dS^2} \approx \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \left( \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta S} \right);$$

в) Радиус кривизны изгибаемой поверхности –  $R_d \approx \frac{1}{\frac{d^2u}{dS^2}}$  и напряжения растяжения при изгибе –  $\sigma_r = \frac{E_j h_j}{2R_j} \sqrt{2}$ ;

$$\sigma_r = \frac{E_j h_j}{2R_j} \sqrt{2};$$

г) Импульс растягивающих напряжений –

$$J = \sigma_r \cdot \Delta t;$$

д) Скорость и ускорение вертикальных колебаний –  $\frac{\Delta u}{\Delta t}$  и  $\frac{d^2 u}{dt^2}$ .

Все вычисления произведены численным методом путем расчетов ординат упругих динамических прогибов меняющихся во времени с шагом  $\Delta t = 0,001$  с. Расчеты произведены для скорости движения подвижной нагрузки  $V = 20 \div 120$  км/ч, значения нагрузки на колесо транспортного средства  $P = 50$  кН,  $D = 34$  см.

Для расчетов принята 4-слойная дорожная конструкция с покрытием из асфальтобетона и цементобетона с модулями упругости  $E_1 = 5000 \div 30000$  МПа и толщиной  $h_1 = 20$  см. Основание конструкции представлено слоем толщиной  $h_2 = 25$  см и модулем упругости  $E_2 = 600$  МПа. Подстилающий слой – песчаный толщиной  $h_3 = 30$  см и модулем упругости  $E_3 = 100$  МПа, а грунт земляного полотна представлен суглинком тяжелым толщиной  $h_0 = 50$  см и модулем упругости  $E_4 = 30 \div 41$  МПа, что соответствует расчетному влагосодержанию в нем в условиях II и III дорожно-климатических зонах.

#### Результаты и выводы

На рисунке 1 представлены результаты развития динамического процесса в 4-слойной конструкции во времени с начала приложения нагрузки. Характерным здесь является развитие знакопеременных затухающих колебаний в каждом слое конструкции ( $u_1, u_2, u_3$  и  $u_4$ ) и получение путем сложения амплитуд колебаний общей кривой динамического прогиба поверхности конструкции  $\Sigma u_j$ . Как видно из рис. 1 на поверхности формируется дисгармоничная кривая прогиба конструкции вызванная различием прогибов и их смещением индивидуально в каждом слое [5].

Путем комфортного преобразования кривой  $\Sigma u_j$  из рисунка 1 и смещения начала кривой в центр нагружения (при  $t = 0,01$  с.) получают кривые волнового поля на поверхности покрытия конструкции (рис. 2). Очевидно, что с увеличением скорости движения нагрузки динамический прогиб под ней убывает, но возрастает число гребней и впадин в волновом поле и его размер до 12 м. Этот размер превышает размер статической чаши прогибов почти в 4,5 раза, а число гребней и впадин, где развиваются растягивающие напря-

жения на гранях слоя покрытия существенно больше единицы, что предусмотрено в статических расчетах прочности конструкций.

На рисунке 3 показана зависимость динамического прогиба различных дорожных конструкций от общей упругости и значения растягивающих напряжений в нижних плоскостях слоев  $\sigma_r$ . В сочетании с вертикальными сжимающими  $\sigma_1$  и горизонтальными растягивающими  $\sigma_2$  и  $\sigma_3$  наблюдается объемное напряженное состояние, убывающие по глубине конструкции. Так в покрытиях  $\sigma_1 = 0,27$  МПа,  $\sigma_2 = \sigma_3 = 0,289$  МПа, основаниях  $\sigma_1 = 0,123$  МПа,  $\sigma_2 = \sigma_3 = 0,175$  МПа, подстилающем слое и верхней части грунта земляного полотна  $\sigma_1 = 0,072$  МПа,  $\sigma_2 = \sigma_3 = 0,075$  МПа. Закономерное убывание прогиба конструкции в зависимости от общего модуля упругости конструкции, показанное на рис. 3 хорошо аппроксимируется выражением  $u_{дин.} = 0,5305 \cdot E_{дин.}^{-0,431}$  ( $R^2 = 0,8895$ ) для расчетов динамических прогибов конструкций с покрытиями нежесткого и жесткого типов.

Из анализов результатов следуют выводы для уточнения испытаний и прочности дорожно-строительных материалов. При воздействии на слоистую дорожную конструкцию колесной нагрузки в 50 кН движущейся со скоростью 60 км/ч частоты колебаний убывают с глубиной конструкции с 27 до  $7,5 \text{ с}^{-1}$ , а собственные амплитудно-частотные характеристики возрастают с  $59 \cdot 10^{-4}$  мм·с в покрытии до  $1280 \cdot 10^{-4}$  мм·с в грунте земляного полотна. Время достижения максимума деформации возрастает по глубине конструкции с 0,01 до 0,03 с в грунте земляного полотна. Скорости колебаний слоев возрастают с глубиной от 16 до 32 мм/с, а наибольшие ускорения наблюдаются на грунтовом основании конструкции – до  $1066 \text{ мм/с}^2$ . При этом общие скорости колебаний поверхности конструкции достигают 143 мм/с, а ускорения  $476 \text{ см/с}^2$  ( $\approx 0,5g$ ) [6,7,8,9,10].

Импульсы действия в слоях сжимающих и разжимающих напряжений убывают по глубине с 0,0058 МПа·с до 0,00385 МПа·с в грунте земляного полотна. При этом импульс удельных давлений от колесной нагрузки на поверхности конструкции достигает 0,012 МПа·с.

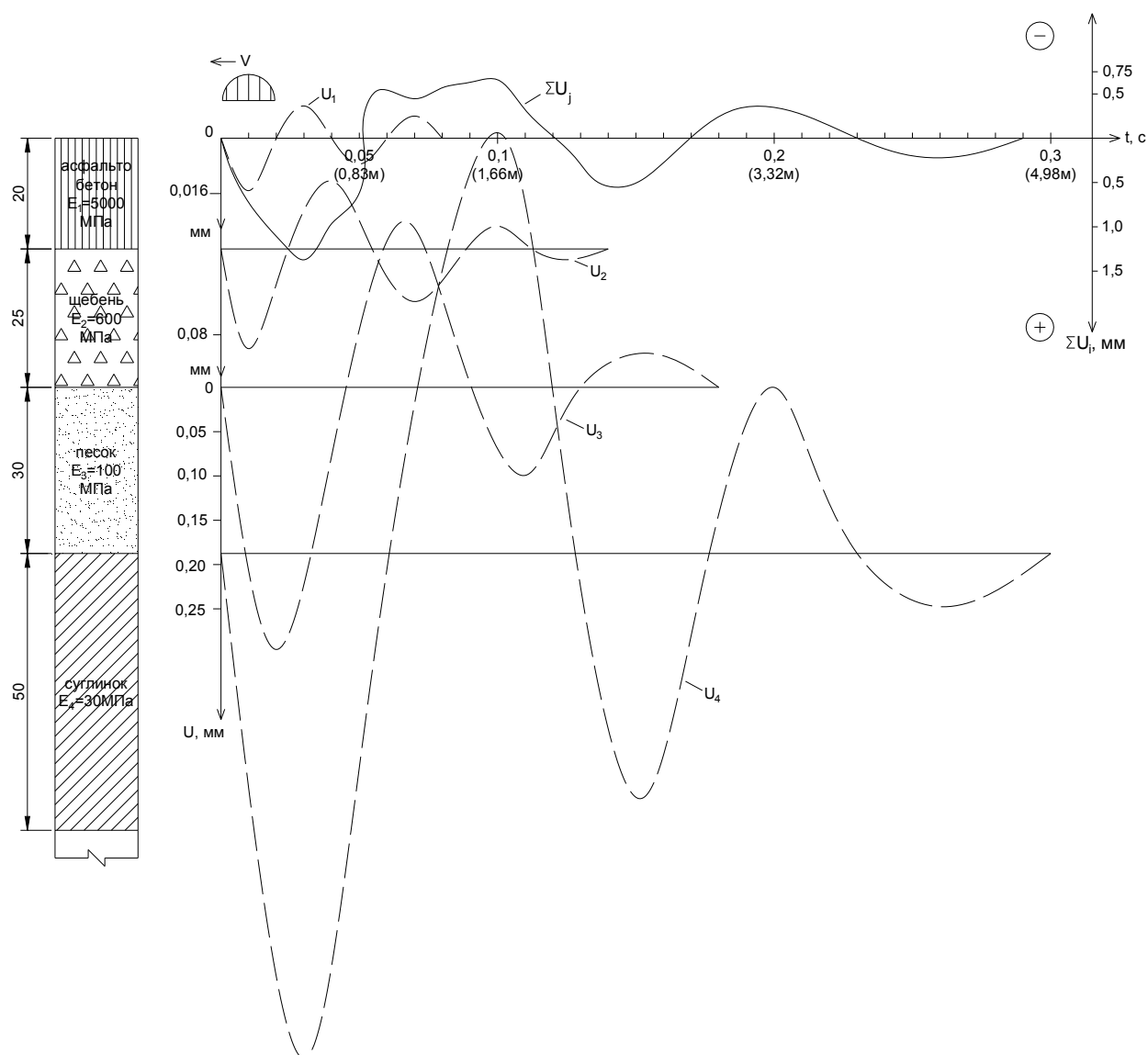


Рис. 1. Колебания поверхности  $\Sigma u_i$  и 4-х слоев конструкции ( $u_1, u_2, u_3, u_4$ ) при  $V=60$  км/ч и  $P=50$  кН ( $D=34$  см)

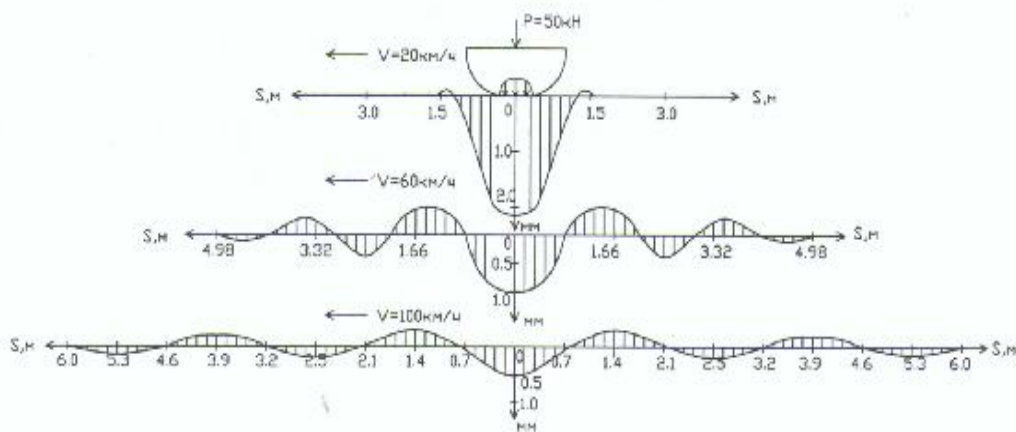


Рис. 2. Формы вертикальных колебаний поверхности четырехслойной дорожной конструкции

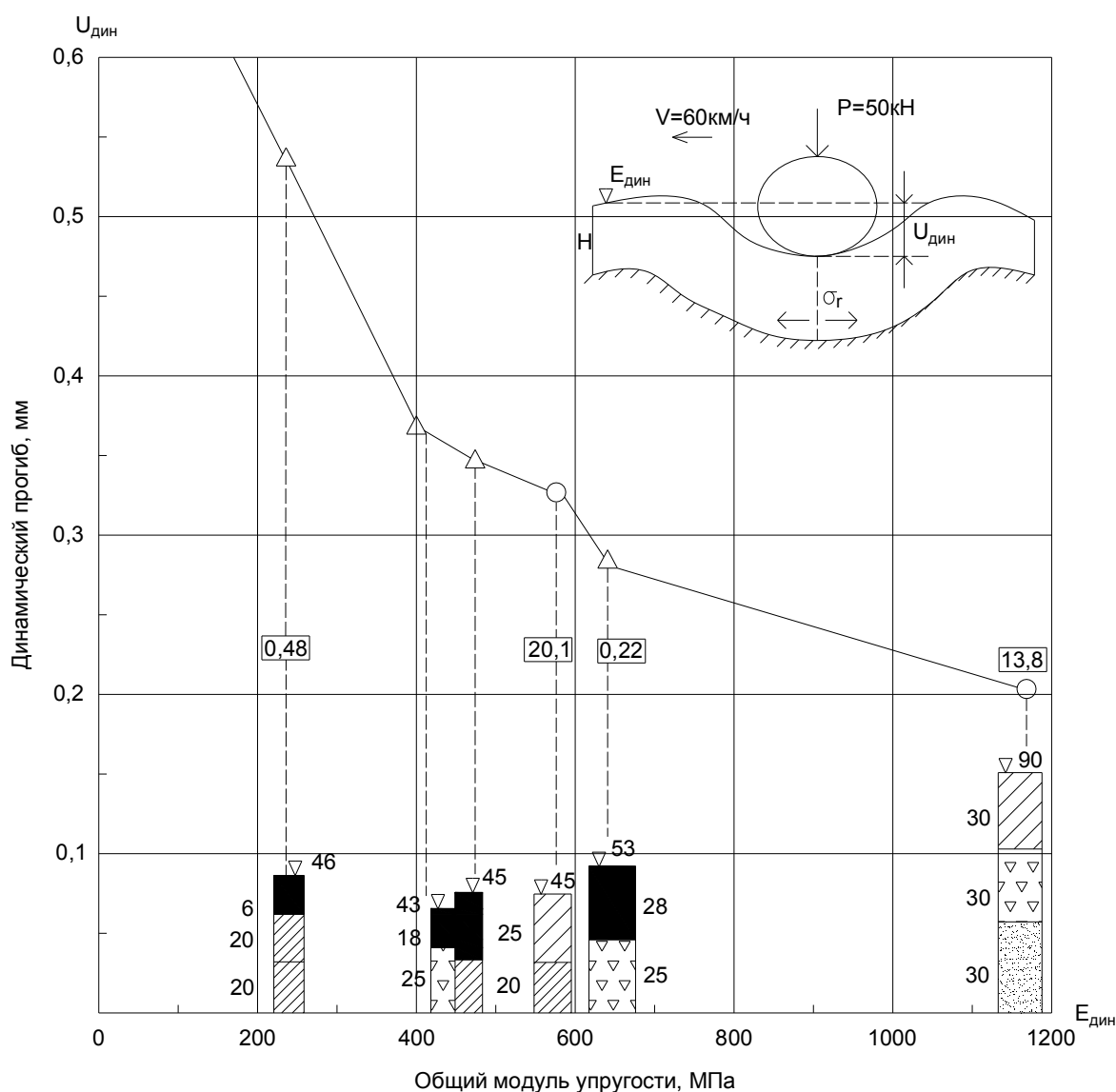


Рис. 3. Зависимость динамического прогиба ( $U_{дин.}$ ) и напряжений растяжения при изгибе

$\sigma_r$  в покрытии, слоистых дорожных конструкций от их общей упругости конструкции  $E_{дин.}$

■ - асфальтобетон; ▨ - цементобетон; ▩ - укрепленный цементогрунт;  
 ▧ - щебень; ▩ - песок

#### Библиографический список

1. Андреева, Е.В. Современные методы проектирования дорожных конструкций автомагистралей на воздействие транспортных потоков / Е.В. Андреева, А.В. Смирнов. – СибАДИ, 2014. – 135 с.
2. Смирнов, А.В. Механика дорожных конструкций / А.В. Смирнов, А.С. Александров. – Омск: СибАДИ, 2009. – 211 с.
3. Андре Анго Математика для электро и радиоинженеров. – Наука, Москва, 1964. – 771 с.
4. Смирнов, А.В. Динамика дорожных одежд автомобильных дорог / А.В. Смирнов. – Омск: Зап.-Сиб. Изд-во, 1975. – 182 с.

5. Smirnov A.W. Dr-Ing, Iordan K. Dr-Ing Besonderheiten der Formänderungen von Stabkonstruktionen unter der Einwirkung von rollenden Kraftfahrzeugbelastungen. Zeitschrift «Die Strasse» №5, 1973. DDR. Berlin.

6. Смирнов, А.В. Требования к материалам для армирования покрытий автомобильных дорог и аэродромов / А.В. Смирнов, В.В. Приходько // Новости в дорожном деле: научно-технический информационный сборник / Министерство транспорта РФ. – М.: 2010. – № 3. – С.23-50.

7. Смирнов, А.В. К расчету дорожных одежд с цементогрунтовыми основаниями / А.В. Смирнов

// Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1968. – № 9. – С. 78-82.

8. Смирнов, А.В. Измерение прогибов дорожной одежды при движении автомобилей / А.В. Смирнов, А.Г. Малофеев // Автомобильные дороги. – 1972. – № 6. – С. 11-12.

9. Смирнов, А.В. Колебания дорожных одежд при воздействии автомобилей / А.В. Смирнов, А.Г. Малофеев // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1972. – № 7. – С. 25-29.

10. Смирнов, А.В. Экспериментальное исследование волн колебаний дорожных покрытий при движении автомобиля / А.В. Смирнов, А.Г. Малофеев // Прикладная механика. – Киев, 1973. – С. 50-52.

#### DYNAMIC PROCESSES IN ROAD DESIGNS HIGHWAYS

A.V. Smirnov, E.V. Andreyeva, V. F. Ignatov

**Abstract.** The models loading layers of the multi-layer road construction under the influence of the moving vertical load was reviewed, as well as forms of forced and natural vibrations. By numerical analysis are set to dynamic deflection, the speed and acceleration of vibration, dynamic compressive stress - strain, which is a measure of strength, also a benchmark for testing road construction materials on endurance

**Keywords:** dynamic deflection, vibrations speed and acceleration, impulse tension.

#### References

1. Andreeva E.V., Smirnov A.V. *Sovremennye metody pro-ektirovaniya dorozhnykh konstrukcij avtomagistralей na vozdejstvие transportnyh potokov* [Modern methods of design of road designs of highways on influence of transport streams]. Omsk, SibADI, 2014. 135 p.

2. Smirnov A.V., Aleksandrov A.S. *Mehanika dorozhnykh konstrukcij* [Mekhanika of road designs]. Omsk: SibADI, 2009. 211 p.

3. Andre Ango *Matematika dlja jelektro i radioinzhenierov* [Matematika for electro and radio engineers]. Nauka, Moskva, 1964. 771 p.

4. Smirnov A.V. *Dinamika dorozhnykh odezhd avtomobil'nyh dorog* [Dinamika of road clothes of highways]. Omsk: Zap.Sib. Izd-vo, 1975. 182 p.

5. Smirnov A.W. Dr-Ing, Jordan K. Dr-ng Besonderheiten der Formänderungen von Stabkonstruktionen unter der Einwirkung von rollenden Kraftfahrzeugbelastungen. Zeitschrift «Die Strasse» №5, 1973. DDR. Berlin.

6. Smirnov A.V., Prihod'ko V.V. Trebovaniya k materialam dlja armirovaniya pokrytij avtomobil'nyh dorog i ajerodromov [Requirements to materials for reinforcing of coverings of highways and airfields].

*Novosti v dorozhnom dele: nauchno-tehnicheskij informacionnyj sbornik, Ministerstvo trans-porta RF, Moscow, 2010, no 3. pp. 23-50.*

7. Smirnov A.V. K raschetu dorozhnyh odezhd s cementogruntovymi osnovanijami [To calculation of road clothes with the tsementogruntovy bases]. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo i arhitektura*, 1968, no 9. pp. 78-82.

8. Smirnov A.V., Malofeev A.G. Izmerenie progibov do-rozhnoj odezhdы pri dvizhenii avtomobilej [Measurement of deflections of road clothes at the movement of cars]. *Avtomobil'nye dorogi*, 1972, № 6. pp. 11-12.

9. Smirnov, A.V, Malofeev A.G. Kolebanija dorozhnyh odezhd pri vozdejstvii avtomobilej [Fluctuations of road clothes at influence of cars]. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo i arhitektura*, 1972, no 7. pp. 25-29.

10. Smirnov A.V., Malofeev A.G. *Jeksperimental'noe issle-dovanie voln kolebanij dorozhnyh pokrytij pri dvizhenii avtomobilja* [Experimental research of waves of fluctuations of pavings at the movement car]. *Prikladnaja mehanika*. Kiev, 1973. pp. 50-52.

Смирнов Александр Владимирович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Заслуженный деятель науки РФ (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Андреева Елена Владимировна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент За-ведующий кафедрой "Строительство и эксплуатация дорог" ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Игнатов Виталий Федорович (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры "Строительство и эксплуатация дорог" ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Smirnov Alexander Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – doctor technical, professor of The Siberian automobile and highway academy (SibADI), the Honored worker of science of the Russian Federation (644080, Omsk, Mira Ave., 5).

Andreyeva Elena Vladimirovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor the Head of the department "Construction and operation of roads" of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: andreeva402@mail.ru).

Ignatov Vitaly Fedorovich (Russian Federation, Omsk) – the senior teacher of "Construction and Operation of Roads" of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5).

УДК 625.71.8:528.48:658.562

## РАСЧЕТ ДОПУСКОВ НА ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ С УЧЕТОМ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИЗЫСКАНИЯХ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Ю.В. Столбов<sup>1</sup>, С.Ю. Столбова<sup>1</sup>, Л.А. Пронина<sup>1</sup>, И.Е. Старовойтов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина, Россия, г. Омск.

**Аннотация.** Приведены расчеты допусков на геодезические разбивочные работы с учетом точности их технологических процессов при изысканиях и строительстве автомобильных дорог. Выполнены расчеты допусков для геодезического контроля высотных отметок при устройстве конструктивных слоев оснований и покрытий дорожных одежд. За основу этих расчетов были приняты допустимые значения амплитуд высотных отметок поверхностей оснований и покрытий. Исходной основой при расчетах допусков на детальную разбивку, вынос отметок пикетов на трассу автомобильных дорог и проложение нивелирных ходов по трассе, приняты, регламентируемые в нормативных документах допустимые отклонения высотных отметок от проектных.

**Ключевые слова:** автомобильные дороги, основания и покрытия, технологические процессы, допуски на детальную разбивку, вынос пикетов на трассу от рабочих реперов, проложение нивелирных ходов.

### Введение

Точность геометрических параметров конструкций зданий и сооружений является одним из основных показателей качества современного строительства. Согласно ГОСТ 21778-81 [1], при проектировании зданий и сооружений и их отдельных элементов, разработке технологии изготовления элементов и возведения зданий и сооружений следует предусматривать, а в производстве применять необходимые средства и правила технологического обеспечения точности.

Регламентация норм точности на геометрические параметры конструкций зданий и сооружений приводится в стандартах (ГОСТах), СНиП, СП и проектно-конструктивной документации. Для автомобильных дорог нормы точности геометрических параметров конструктивных слоев регламентированы в СНиП 3.06.03-85 [2], где в обязательном приложении 2 приведена таблица с параметрами, используемыми при приемке и оценке качества строительно-монтажных работ и условия их оценки. В 2013 году введена в действие актуализированная редакция этого СНиПа – свод правил СП 78.13330.2012 [3].

Точность высотного положения оснований и покрытий дорожных одежд, в этом нормативном документе [3], регламентирована следующим образом: не более 10% результатов определений высотных отметок могут иметь отклонение от проектных значений в пределах  $\pm 20(\pm 50)$  мм, а остальные до  $\pm 10(\pm 25)$  мм, где приведенные значения в скобках относят-

ся к видам работ, выполняемым комплектом машин с без автоматической системой выдерживания заданных высотных отметок.

В СНиП 3.06.03-85 [2] точность высотного положения оснований и покрытий дорожных одежд регламентируется так: не более 10% результатов определений вертикальных отметок (при оценке строительных работ на «хорошо») и 5 % (при оценке строительных работ на «отлично») могут иметь отклонения от проектных до  $\pm 100(\pm 20)$  мм, а остальные до  $\pm 50(\pm 10)$  мм, где приведенные значения в скобках относятся к видам работ, выполняемым с применением комплекта машин с автоматической системой задания вертикальных отметок. В СНиП 3.06.03-85 [2] использован термин вертикальные отметки, а СП [3] – высотные отметки.

Для автомобильных дорог I, II, III категорий значения допустимых отклонений высотных отметок от проектных в СП [3] соответствуют данным значениям, приведенным в СНиП [2], при устройстве конструктивных слоев оснований и покрытий с применением комплекта машин с автоматической системой задания вертикальных отметок. Точность устройства дорог IV и V категории общего пользования с применением комплекта машин с без автоматической системой выдерживания заданных высотных отметок повышена в СП [3] в 2 раза.

Таким образом, в СП [3] предусмотрено допустимое отклонение высотных отметок от проектных значений с доверительной вероят-



ностью  $P=0,9$ , а в СНиП 3.06.03-85 [2] – с доверительными вероятностями  $P=0,9$  при оценке качества работ на «хорошо», а при  $P=0,95$  – на «отлично».

Значение среднеквадратических погрешностей высотного положения поверхности оснований и покрытий автомобильных дорог определяем по выражению:

$$m_n = \delta_n / t, \quad (1)$$

где  $\delta_n$  – допустимое нормативное отклонение;  $t$  – нормируемый множитель при переходе от предельных погрешностей к среднеквадратическим (при  $P=0,9$   $t=1,64$ , а при  $P=0,95$   $t=2,0$ )

Регламентация значений амплитуд (разностей) высотных отметок в СП [3] изложена следующим образом:

1) для дорог I, II, III категорий при длинах прямых линий 10, 20 и 40 м 90% определений амплитуд не должны быть более соответственно 5,8 и 16 мм, а 10% не должны превышать эти значения более чем в 1,5 раза, то есть как в СНиП [2] при шагах нивелирования соответственно 5, 10 и 20 м;

2) для дорог IV и V категории при длинах прямых линий 10, 20 и 40 м 90% определений амплитуд допускаются не более 6, 10, 20 мм, а 10% не должны превышать эти значения более чем в 1,5 раза.

Следовательно, регламентация допустимых значений амплитуд в СП [3] отличается от СНиП [2].

Норм точности в СП [3] и также в СНиП [2] на геодезические разбивочные работы нет, в отличии от ранее действующих нормативных документах по правилам производства и приемки работ при строительстве автомобильных дорог [4] и [5], где были указаны допустимые отклонения (предельные погрешности) на строительные и геодезические разбивочные работы.

**Расчет допусков на геодезические разбивочные работы для обеспечения высотного положения автомобильных дорог, согласно требованиям СП [3]**

Для обеспечения заданного высотного положения оснований и покрытий дорожных одежд необходимо обоснование норм точности: проложения нивелирных ходов по трассе автомобильных дорог с закреплением (вне зоны земляных работ при строительстве дорог) рабочих реперов, согласно рекомендации в СП [3], через 500 м; разбивки (выноса) высотных отметок пикетов от рабочих реперов на трассу автомобильных дорог; детальной разбивки высотных отметок поверхностей конструктивных слоев оснований и покрытий при их

строительстве; геодезического контроля при устройстве конструктивных слоев оснований и покрытий автомобильных дорог, приемке и оценке качества строительных работ.

При этом обоснование допусков на геодезические разбивочные работы по стадиям их производства следует выполнять в обратной последовательности, т.е. при расчетах точности решать обратные задачи.

Сначала необходимо обосновать допуски на контрольные геодезические измерения (геодезический контроль), где за основу необходимо принимать, регламентируемые в нормативных документах (СНиП, СП и др.), допустимые значения амплитуд высотных отметок оснований и покрытий дорожных одежд.

В настоящее время для обоснования допусков на строительные и геодезические разбивочные работы при возведении плоскостных сооружений (каковыми являются автомобильные дороги) могут быть использованы методики с применением следующих методов расчета их точности: с использованием принципа равного влияния отдельных источников погрешностей на окончательное положение, законченных строительством, конструктивных слоев дорожных одежд; с использованием принципа ничтожного влияния отдельных источников погрешностей на окончательное положение, законченных строительством, конструктивных слоев дорожных одежд; с учетом точности технологических процессов строительства.

Анализ методов расчета допусков для контроля высотного положения поверхностей автомобильных дорог, приведенный в работе [6], показал что наиболее обоснованные нормы получены с применением метода с учетом точности технологических процессов устройства оснований и покрытий дорожных одежд.

Примеры расчета допусков на строительные работы и геодезический контроль при устройстве оснований и покрытий автомобильных дорог с учетом точности технологических процессов приведены в работе [7], где исходными данными были приняты допустимые значения амплитуд вертикальных отметок по СНиП 3.06.03-85 [2].

Точность технологических процессов по устройству конструктивных слоев дорожных одежд  $T_n$  и их геодезического контроля  $T_k$  определяются по выражениям, согласно :

$$T_n = \delta_n / m_t; \quad (2)$$

$$T_k = \delta_k / \Delta_n; \quad (3)$$

где  $\delta_k$  – допустимое отклонение (предельная погрешность) геодезического контроля

(измерений);  $\Delta_n$  – нормативный допуск, равный  $2\delta_n$ ;  $m_T$  – среднеквадратическая погрешность технологического процесса.

Задаваясь значением вероятной величины выхода погрешности за границу поля допуска, равной в пределах 10% от допуска  $\Delta_n$ , по коэффициенту  $T_n$ , можно рассчитать предельную погрешность геодезического контроля из выражения (3) по формуле:

$$\delta_k = T_k \Delta_n = T_k \cdot 2\delta_n. \quad (4)$$

Контрольные измерения и разбивочные работы (детальная разбивка и вынос вертикальных отметок пикетов на трассу автомобильных дорог) являются составной частью строительных процессов при устройстве конструктивных слоев дорожных одежд.

Результаты исследований точности высотного положения оснований и покрытий автомобильных дорог приведены в работе [8]. Они показали, что погрешности устройства конструктивных слоев дорожных одежд соответствуют закону нормального распределения. При возведении сооружений влияние погрешностей геодезических разбивочных работ на распределение технологических погрешностей на границах поля допуска будет аналогично влиянию погрешностей контрольных измерений. Поэтому метод расчета допусков с учетом точности технологических процессов может быть применен не только для определения необходимой точности контроля при устройстве конструктивных слоев дорожных одежд, но и для расчета точности геодезических разбивочных работ.

Анализируя, приведенные нормы точности геометрических параметров высотного положения оснований и покрытий автомобильных дорог в СНиП 3.06.03-85 [2] и СП [3], можно констатировать, что в процессе строительства, приемки и оценки качества работ при возведении автомобильных дорог должны быть дифференцированные нормы точности устройства их конструктивных слоев с доверительными вероятностями  $P=0,9$  или  $P=0,95$ .

В работе приведены нормы точности для геодезического контроля при коэффициентах точности  $T_n=1,0$ ; 1,5 и 2,0. В настоящей статье приведем дополнительно нормы точности при коэффициентах точности  $T_n=1,64$  и  $T_n=2,5$ .

Согласно графиков, приведенных в работе, [9], в зависимости от коэффициентов  $T_n$  значения коэффициентов точности геодезического контроля и допустимые отклонения (предельные погрешности) будут определяться из выражений:

$$\text{при } T_n = 1,0 - T_k = 0,225; \delta_k = 0,45\delta_n; \quad (5)$$

$$T_n = 1,5 - T_k = 0,275; \delta_k = 0,55\delta_n; \quad (6)$$

$$T_n = 1,64 - T_k = 0,305; \delta_k = 0,61\delta_n; \quad (7)$$

$$T_n = 2,0 - T_k = 0,45; \delta_k = 0,90\delta_n; \quad (8)$$

$$T_n = 2,5 - T_k = 0,50; \delta_k = \delta_n. \quad (9)$$

Для расчета допусков на детальную разбивку высотных отметок поверхностей конструктивных слоев дорожных одежд, от ранее вынесенных отметок пикетов автомобильных дорог, за исходную основу следует принимать регламентируемые допустимые отклонения (предельные погрешности) высотных отметок от проектных в нормативных документах с учетом точности технологических процессов устройства оснований и покрытий.

Коэффициент точности технологического процесса  $T_n$  – это коэффициент соотношения нормируемой предельной погрешности к фактической среднеквадратической погрешности (апостериори), подобный нормируемому множителю  $t$  (априори) при переходе от предельной погрешности к среднеквадратической.

В СНиП [2], при приемке и оценке качества строительных работ на «хорошо» и «отлично», предусмотрено обеспечение допустимых отклонений высотных отметок от проектных с доверительными вероятностями  $P=0,9$  и  $P=0,95$ , тогда точность технологических процессов детальной разбивки можно принять равными  $T_{др}=1,64$  и  $T_{др}=2,0$ .

Допустимые отклонения (предельные погрешности) и среднеквадратические погрешности для детальной разбивки высотных отметок при устройстве оснований и покрытий в зависимости от коэффициентов точности  $T_n$  будут иметь значения, согласно СП [3]:

1) для дорог I, II, III категорий с применением комплекта машин с автоматической системой выдерживания заданных высотных отметок

$$T_n=1,0 \quad \delta_{др}=0,45 \cdot 10=4,5 \text{ мм};$$

$$T_{др}=1,64 \quad m_{др}=4,5/1,64=2,74 \text{ мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др}=4,5/2,0=2,25 \text{ мм};$$

$$T_n=1,5 \quad \delta_{др}=0,55 \cdot 10=5,5 \text{ мм};$$

$$T_{др}=1,64 \quad m_{др}=5,5/1,64=3,35 \text{ мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др}=5,5/2,0=2,75 \text{ мм};$$

$$T_n=1,64 \quad \delta_{др}=0,61 \cdot 10=6,1 \text{ мм};$$

$$T_{др}=1,64 \quad m_{др}=6,1/1,64=3,72 \text{ мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др}=6,1/2,0=3,05 \text{ мм};$$

$$T_n=2,0 \quad \delta_{др}=0,90 \cdot 10=9,0 \text{ мм};$$

$$T_{др}=1,64 \quad m_{др}=9,0/1,64=5,49 \text{ мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др}=9,0/2,0=4,5 \text{ мм};$$

$$T_n=2,5 \quad \delta_{др}=10,0 \text{ мм};$$

$$T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 10,0/1,64=6,1\text{мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 10,0/2,0=5,0\text{мм};$$

2) для дорог IV и V категории общего пользования с применением комплекта машин без автоматической системой выдерживания заданных высотных отметок

$$T_n=1,0 \quad \delta_{др}=0,45*25=11,25 \text{ мм};$$

$$T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 11,25/1,64=6,86\text{мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 11,25/2,0=5,62\text{мм};$$

$$T_n=1,5 \quad \delta_{др}=0,55*25=13,75 \text{ мм};$$

$$T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 13,75/1,64=8,39\text{мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 13,75/2,0=6,88\text{мм};$$

$$T_n=1,64 \quad \delta_{др}=0,61*25=15,25 \text{ мм};$$

$$T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 15,25/1,64=9,30\text{мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 15,25/2,0=7,62\text{мм};$$

$$T_n=2,0 \quad \delta_{др}=0,90*25=22,25 \text{ мм};$$

$$T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 22,25/1,64=13,72\text{мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 22,25/2,0=11,25\text{мм};$$

$$T_n=2,5 \quad \delta_{др} = 1*25 = 25\text{мм};$$

$$T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 25/1,64=15,24\text{мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 25/2,0=12,5\text{мм}.$$

Допуски выноса (разбивки) высотных отметок пикетов от рабочих реперов на трассу автомобильных дорог будут зависеть от коэффициентов точности технологических процессов устройства конструктивных слоев дорожных одежд  $T_n$ , коэффициентов точности технологических процессов детальной разбивки поверхностей оснований и покрытий  $T_{др}$ , то есть от принятия доверительных вероятностей обеспечения их допустимых отклонений отметок от проектных.

Учитывая, что вынос пикетов на трассу автомобильных дорог выполняются специалистами геодезического профиля, примем точность процесса разбивки пикетов  $T_{вп}=2,0$ , т.е. с доверительной вероятностью  $P=0,95$ .

Тогда допуски выноса пикетов на трассу автомобильных дорог будут иметь значения:

1) для дорог I, II, III категорий с применением комплекта машин с автоматической системой выдерживания заданных высотных отметок

$$T_n=1,0 \quad T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 2,74\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 2,74*0,9=2,47 \text{ мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 2,25\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 2,25*0,9=2,02\text{мм};$$

$$T_n=1,5 \quad T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 3,35\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 3,35*0,9=3,02\text{мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 2,75\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 2,75*0,9=2,48\text{мм};$$

$$T_n=1,64 \quad T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 3,72\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 3,72*0,9=3,35\text{мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 3,05\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 3,05*0,9=2,74\text{мм};$$

$$T_n=2,0 \quad T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 5,49\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 5,49*0,9=4,94\text{мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 4,50\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 4,5*0,9=4,05\text{мм};$$

$$T_n=2,5 \quad T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 6,10\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 6,1*0,9= 5,49\text{мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 5,0 \text{ мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 5,0*0,9=4,50\text{мм};$$

2) для дорог IV и V категории общего пользования с применением комплекта машин без автоматической системой выдерживания заданных высотных отметок

$$T_n=1,0 \quad T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 6,86\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 6,86*0,9=6,17\text{мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 5,62\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 5,62*0,9=5,06\text{мм};$$

$$T_n=1,5 \quad T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 8,39\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 8,39*0,9=7,55\text{мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 6,88\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 6,88*0,9=6,19\text{мм};$$

$$T_n=1,64 \quad T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 9,30\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 9,30*0,9=8,37\text{мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 7,62\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 7,62*0,9=6,86 \text{ мм};$$

$$T_n=2,0 \quad T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 13,72\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 13,72*0,9=12,35\text{мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 11,25\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 11,25*0,9=10,12\text{мм};$$

$$T_n=2,5 \quad T_{др}=1,64 \quad m_{др} = 15,24\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 15,24*0,9=13,72\text{мм};$$

$$T_{др}=2,0 \quad m_{др} = 12,5\text{мм};$$

$$T_{вп}=2,0 \quad m_{вп} = 12,5*0,9=11,25\text{мм}.$$

На стадии изысканий автомобильных дорог уровень технологии их строительства не известен. Учитывая, что при выполнении геодезических работ нормируемый множитель при переходе от предельных погрешностей к среднеквадратическим  $t$  принимают равным 2; 2,5 или 3, согласно СП 126.13330.2012 [10], примем  $T_{нх}=2,0$ . Тогда допуски на геодезические работы при проложении нивелирных ходов будут иметь значения:

1) для дорог I, II, III категорий с применением комплекта машин с автоматической системой выдерживания заданных высотных отметок

$T_n=1,64$ ;  $T_{др}=1,64$   $m_{др}=3,72$ мм;  
 $T_{вп}=2,0$   $m_{вп}=3,35$ мм;  
 $T_{нх}=2,0$   $m_{нх}=3,35*0,9=3,02$ мм;  
 $T_{др}=2,0$   $m_{др}=3,05$ мм;  
 $T_{вп}=2,0$   $m_{вп}=2,74$ мм;  
 $T_{нх}=2,0$   $m_{нх}=2,74*0,9=2,47$ мм;  
 $T_n=2,0$ ;  $T_{др}=1,64$   $m_{др}=5,49$ мм;  
 $T_{вп}=2,0$   $m_{вп}=4,94$ мм;  
 $T_{нх}=2,0$   $m_{нх}=4,94*0,9=4,45$ мм;  
 $T_{др}=2,0$   $m_{др}=4,5$ мм;  
 $T_{вп}=2,0$   $m_{вп}=4,05$ мм;  
 $T_{нх}=2,0$   $m_{нх}=4,05*0,9=3,65$ мм;

2) для дорог IV и V категории общего пользования с применением комплекта машин без автоматической системой выдерживания заданных высотных отметок

$T_n=1,64$ ;  $T_{др}=1,64$   $m_{др}=9,30$ мм;  
 $T_{вп}=2,0$   $m_{вп}=8,37$ мм;  
 $T_{нх}=2,0$   $m_{нх}=8,37*0,9=7,53$ мм;  
 $T_{др}=2,0$   $m_{др}=7,62$ мм;  
 $T_{вп}=2,0$   $m_{вп}=6,86$  мм;  
 $T_{нх}=2,0$   $m_{нх}=6,86*0,9=6,17$ мм;  
 $T_n=2,0$ ;  $T_{др}=1,64$   $m_{др}=13,72$ мм;  
 $T_{вп}=2,0$   $m_{вп}=12,35$ мм;  
 $T_{нх}=2,0$   $m_{нх}=12,35*0,9=11,12$ мм;  
 $T_{др}=2,0$   $m_{др}=11,25$ мм;  
 $T_{вп}=2,0$   $m_{вп}=10,12$ мм;  
 $T_{нх}=2,0$   $m_{нх}=10,12*0,9=9,11$ мм.

#### Заключение

Для обеспечения заданных допусков высотного положения поверхностей конструктивных слоев приведены дифференцированные обоснованные нормы с учетом точности технологических процессов устройства оснований и покрытий автомобильных дорог. При этом необходимо выполнять налаживание точности технологических процессов устройства конструктивных слоев автомобильных дорог не по допускаемым отклонениям (предельным погрешностям), а по среднеквадратическим отклонениям (погрешностям) с доверительными вероятностями  $P=0,9$  или  $P=0,95$ .

#### Библиографический список

- ГОСТ 21778-81 (СТ СЭВ 2045-79). Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения. – Введ. 1980-12-02. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 9 с.
- СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги: утв. Комитетом Совета Министров СССР по делам строительства (Госстрой СССР). – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 106 с.

3. СП 78.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 Автомобильные дороги. – М.: Минрегион России, 2012. – 118с.

4. СНиП III-Д.5-62. Автомобильные дороги. Правила организации строительства и производства работ. Приемка в эксплуатацию. Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1963. – 87с.

5. СНиП III-Д.5-73. Автомобильные дороги. Правила производства и приемки работ. Приемка в эксплуатацию. Госстрой СССР. – М.: Стройиздат. 1973. – 89с.

6. Столбов, Ю.В. Анализ методов расчета точности геодезического контроля высотного положения оснований и покрытий автомобильных дорог / Ю.В. Столбов, С.Ю. Столбова, Д.О. Нагаев, Л.А. Пронина // Вестник СибАДИ. – 2014. – № 2 (24). – С. 69-73.

7. Столбов, Ю.В. Обоснование допусков на строительные и геодезические работы для обеспечения высотного положения оснований и покрытий автомобильных дорог / Ю.В. Столбов, С.Ю. Столбова, Д.О. Нагаев, К. С. Кокуленко // Известия вузов. Строительство. – 2010. – № 9. – С. 75–80.

8. Столбов, Ю.В. Исследование точности высотного положения поверхностей конструктивных слоев дорожных одежд при разных шагах нивелирования / Ю.В. Столбов, С.Ю. Столбова, Д. О. Нагаев // Известия вузов. Строительство. – 2013. – №8. – С. 84-88.

9. Столбов, Ю.В. Статистические методы контроля качества строительного-монтажных работ / Ю.В.Столбов. – М.: Стройиздат, 1982. – 87 с.

10. СП 126.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве. – М.: Минрегион России, 2012. – 84 с.

#### CALCULATION OF ADMISSIONS FOR GEODETIC MARKING WORKS TAKING INTO ACCOUNT THE ACCURACY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AT RESEARCHES AND CONSTRUCTION OF HIGHWAYS

YU.V. Stolbov, S.YU. Stolbova,  
L.A. Pronina, I.E. Starovoytov

**Abstract.** Calculations of admissions for geodetic marking works taking into account the accuracy of their technological processes at researches and construction of highways are given. Calculations of admissions for geodetic control of elevation marks at the device of constructive layers of the bases and coverings of road clothes are executed. These calculations admissible values of amplitudes of elevation marks of surfaces of the bases and coverings were assumed as a basis. By an initial basis at calculations of admissions on detailed breakdown, carrying out of marks of pickets on the route of highways and a prolozheniye of the leveling courses on the route, are accepted, the tolerances of high-rise marks from the design regulated in normative documents.

**Keywords:** highways, the bases and coverings, technological processes, admissions on detailed breakdown, carrying out of pickets on the route from working reference points, a prolozheniye of the leveling courses.

References

1. GOST 21778-81 (ST SJeV 2045-79). *Sistema obespechenija tochnosti geometricheskikh parametrov v stroitel'stve. Osnovnye polozhenija* [State standard 21778-81 (ST of SEV 2045-79). System of ensuring accuracy of geometrical parameters in construction. Basic provisions]. Moscow, Izd-vo standartov, 1981. 9 p.
2. SNiP 3.06.03-85. *Avtomobil'nye dorogi: utv. Komitetom Soveta Ministrov SSSR po delam stroitel'stva (Gosstroj SSSR)* [Construction Norms and Regulations 3.06.03-85]. Moscow, CИTP Gosstroja SSSR, 1985. 106 p.
3. SP 78.13330.2012 *Aktualizirovannaja redakcija SNiP 3.06.03-85 Avtomobil'nye dorogi* [The joint venture 78.13330.2012 Staticized edition Construction Norms and Regulations 3.06.03-85 Highways]. Moscow, Minregion Rossii, 2012. 118 p.
4. SNiP III-D.5-62. *Avtomobil'nye dorogi. Pravila organizacii stroitel'stva i proizvodstva rabot. Priemka v jekspluataciju. Gosstroj SSSR* [SNiP III-D.5-62 Construction Norms and Regulations. Highways. Rules of the organization of construction and works. Acceptance for operation. State Committee for Construction of the USSR]. Moscow, Strojizdat, 1963. 87 p.
5. SNiP III-D.5-73. *Avtomobil'nye dorogi. Pravila proizvodstva i priemki rabot. Priemka v jekspluataciju. Gosstroj SSSR* [SNiP III-D.5-73 Construction Norms and Regulations. Highways. Rules of production and acceptance of work. Acceptance for operation. State Committee for Construction of the USSR]. Moscow, Strojizdat. 1973. 89 p.
6. Stolbov Ju.V., Stolbova S.Ju., Nagaev D.O., Pronina L.A. *Analiz metodov rascheta tochnosti geodezicheskogo kontrolja vysotnogo polozhenija osnovanij i pokrytij avtomobil'nyh dorog* [Analysis of methods of calculation of accuracy of geodetic control of high-rise provision of the bases and coverings of highways]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 2 (24). pp. 69-73.
7. Stolbov Ju.V., Stolbova S.Ju., Nagaev D.O., Kokulenko K.S. *Obosnovanie dopuskov na stroitel'nye i geodezicheskie raboty dlja obespechenija vysotnogo polozhenija osnovanij i pokrytij avtomobil'nyh dorog* [Justification of admissions on construction and geodetic works for ensuring high-rise situation of the bases and coverings of highways]. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo*, 2010, № 9. – S. 75–80.
8. Stolbov, Ju.V., Stolbova S. Ju., Nagaev D.O. *Issledovanie tochnosti vy-sotnogo polozhenija poverhnostej konstruktivnyh sloev dorozhnyh odezhd pri raznyh shagah niveli-rovanija* [Research of accuracy of high-rise provision of surfaces of constructive

layers of road clothes at different steps of leveling]. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo*, 2013, no 8. pp. 84-88.

9. Stolbov Ju.V. *Statisticheskie metody kontrolja kachestva stroitel'nomontazhnyh rabot* [Statistical methods of quality control of installation and construction works]. Moscow, Strojizdat, 1982. 87 p.

10. SP 126.13330.2012 *Aktualizirovannaja redakcija SNiP 3.01.03-84 Geodezicheskie raboty v stroitel'stve* [The joint venture 126.13330.2012 Staticized edition Construction Norms and Regulations 3.01.03-84 Geodetic works in construction]. Moscow, Minregion Rossii, 2012. 84 p.

Столбов Юрий Викторович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Геодезия» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: Issu0810@mail.ru).

Столбова Светлана Юрьевна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Недвижимость и строительный бизнес» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Пронина Лилия Анатольевна (Россия, г. Омск) – аспирант кафедры «Геодезии» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Старовойтов Илья Евгеньевич (Россия, г. Омск) – аспирант кафедры «Геодезии и дистанционного зондирования» ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина (644008, г. Омск, Институтская площадь, 2 e-mail: SSU 0810@mail.ru).

Stolbov Yury Viktorovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of Geodeziya of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: Issu0810@mail.ru).

Stolbova Svetlana Yurevna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor, the department chair "Real estate and construction business" of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5).

Pronina Lilia Anatolyevna (Russian Federation, Omsk) – the graduate student of Geodezii chair of The Siberian automobile and highway academy (SibADI)(644080, Omsk, Mira Ave., 5).

Starovoytov Ilya Evgenyevich (Russian Federation, Omsk) – the graduate student of chair "Geodesy and remote sensing" Omsk State agricultural university of P. A. Stolypin (644008, Omsk, Institutskaya Square, 2 e-mails: SSU 0810@mail.ru).

УДК 624.131

**ПРОМЕРЗАНИЕ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ:  
ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ**Е.В. Тишков<sup>1</sup>, Ю.Е. Пономаренко<sup>1</sup>, С.С. Роскошный<sup>2</sup>, М.В. Мосин<sup>1</sup><sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск;<sup>2</sup>Омского областного отделения общероссийского общественного фонда  
«Центр качества строительства», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В статье рассмотрены факторы, способствующие возникновению сил морозного пучения грунтов, а также способы противодействия силам морозного пучения. Проанализированные практические примеры последствий негативного влияния сил морозного пучения грунтов на фундаменты и надземные конструкции зданий, выявленных при инструментально-технических обследованиях. Приведены рекомендации по сохранению оснований от промерзания и обеспечению устойчивости фундаментов зданий и сооружений на действие усилий пучения грунтов.

**Ключевые слова:** глинистый грунт, основание, фундамент, свая, морозное пучение.

**Введение**

Инженерно-геологические условия на территории города Омска и Омской области преимущественно относятся ко второй категории сложности. Среди опасных факторов, которые необходимо учитывать при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений в первую очередь выделяются высокий уровень грунтовых вод и подверженность грунтов морозному пучению при сезонном промерзании. В этих условиях особую актуальность получают вопросы, связанные с обеспечением сохранности основания фундаментов зданий от промерзания и реализации пучинистых свойств. Как показывает практика, даже в случае однократного промерзания грунта основания фундаменты и здания в целом могут получать значительные повреждения, недопустимые деформации и т.д. Последствия влияния промерзания грунтов на здания рассмотрены в данной статье на примере реально существующих зданий и сооружений, обследованных авторами в разное время.

**Анализ практических примеров промерзания грунтов основания**

Вопросы, связанные с пучением грунтов при промерзании, исследовались в трудах многих ученых-геотехников (Б.И. Далматов, С.А. Кудрявцев, М.Ф. Киселев, Э.В. Костерин, В.О. Орлов, М.И. Сумгин, В.М. Улицкий, Н.А. Цытович и др.), и достаточно широко освещены в литературе. Для западной Сибири влияние морозного пучения грунтов на фундаменты рассматривалось учеными «СибАДИ» (В.Н. Гольцов [1], Э.В. Костерин, М.Я. Сапожников [2]) и специалистами института «Омскгражданпроект» (Р.Ш. Абжалимов [3,4] и др.) в условиях Омска и Омской области, учены-

ми-геотехниками «ТюмГАСУ» (В.В. Воронцов, А.Н. Краев [5] и др.) применительно к Тюменской области. В Нормативных источниках также имеются подробные инструкции по проектированию оснований и фундаментов при наличии пучинистых грунтов.

По сути, для фундаментов мелкого заложения сохранность основания от пучения обеспечивается глубиной заложения, назначаемой в зависимости от состояния грунта основания, уровня подземных вод и режима будущей эксплуатации здания по [6]. Как вариант предусматривается замена подверженных пучению грунтов непучинистым материалом, либо заложение фундаментов независимо от глубины промерзания в случае, если специальными исследованиями и расчетами установлено, что деформации грунтов основания при их промерзании и оттаивании не нарушают эксплуатационную надежность сооружения. Для свайных фундаментов Нормы ограничиваются проверкой устойчивости фундаментов на действие касательных сил морозного пучения. Здесь необходимо отметить, что в отличие от отмененного СНиП [7] в действующем СП [8] приведен метод расчета устойчивости фундамента на действие сил морозного пучения. До введения свода правил в действие данный расчет рассматривался в Нормах, посвященных основаниям и фундаментам в многолетнемерзлых грунтах. Также для повышения сопротивляемости фундаментов всех типов на действие сил морозного пучения используется нагружение (весом смонтированных конструкций, грунта и др.), обваловка, утепление, обмазка поверхностей специальными составами и др. Несмотря на все вышеперечисленное, на практике достаточно часто встречаются случаи

повреждений конструкций зданий вследствие воздействия сил морозного пучения грунтов. Степень этих повреждений может достигать критических значений, что подтверждается рядом примеров, приведенных ниже.

Пример №1. Двухэтажное кирпичное здание, предназначенное под размещение базы отдыха, расположено в п. Усть-Заостровка Омской области. Здание выполнено в бескаркасном варианте с кирпичными стенами, опирающимися на ленточные фундаменты. В качестве фундаментов выступают сборные железобетонные плиты типа ФЛ и смонтированные по ним железобетонные блоки ФБС. Основанием фундаментов изначально являлись полутвердые суглинки. Строительство здания было приостановлено к 2000-му году. К моменту приостановки все несущие и ограждающие конструкции объекта были смонтированы. Перерыв строительства продлился более 10 лет.

В связи с продолжением строительства авторами статьи (при участии доц. И.М. Ивасюка, доц. М.Я. Сапожникова) было проведено обследование здания, по результатам которого установлено аварийное техническое состояние стен и фундаментов. Данное состояние обуславливалось наличием многочисленных сквозных трещин в несущих и самонесущих стенах, в местах пересечений стен. Ширина раскрытия отдельных трещин достигала 40мм, существовала угроза обрушения здания (рис. 1).

Анализ сложившейся ситуации с проведением инженерно-геологических изысканий позволил установить, что основной причиной развития критических повреждений явилось промерзание и пучение грунтов основания под подошвами фундаментов. Однако, эта причина не была столь очевидна, как кажется с первого взгляда. Интерес представлял тот факт, что изначально полутвердые суглинки относились к практически непучинистым грунтам. Изыскания позволили установить, что на момент обследований влажность грунтов возросла в сравнении с изначальным состоянием. В результате фактического многократного увлажнения грунтов подвала талыми и атмосферными водами, а также циклического промораживания, грунты основания перешли из полутвердого в тугопластичное состояние, что привело к снижению физико-механических характеристик грунтов и изменению степени морозоопасности до категории сильнопучинистых. Развитие нормальных сил морозного пучения из года в год приводило к неравномерному подъему и осадке фундаментов. Причем, масса двухэтажного здания

и армирование кладки стен не позволили компенсировать негативное влияние промерзания, что в результате привело к аварийной ситуации.

а)



б)

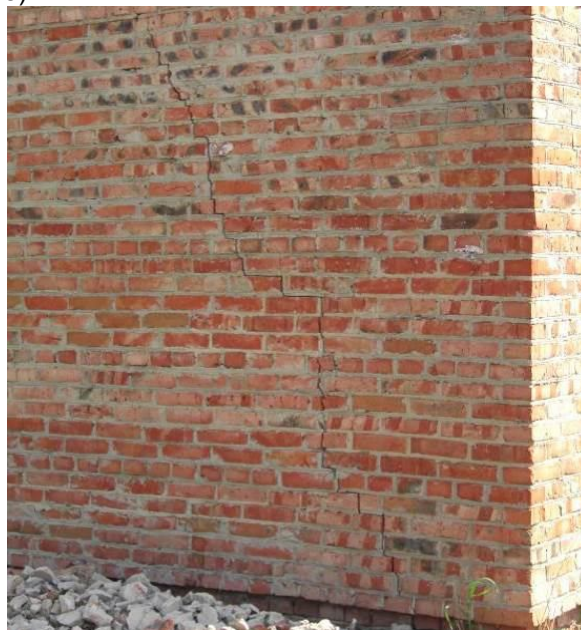


Рисунок 1. Характерные трещины от пучения грунтов основания:

а) – во внутренних стенах; б) – в наружных стенах

Пример №2. Фундаменты жилого дома в центральном округе г. Омска были смонтированы в 2008 г. Проектировщиком было принято решение о применении свайных ленточных фундаментов под стены бескаркасного дома. Свайные ленты устроены с использованием забивных железобетонных свай с однорядным размещением и объединением «голов» ленточными монолитными железобетонными ростверками. Длина забитых свай 8,0 м, раз-

меры поперечного сечения 0,3x0,3 м. После возведения двух из пяти этажей строительство здания было временно приостановлено на 5 лет.

Обследование дома, выполненное перед продолжением строительства, выявило многочисленные дефекты и повреждения фундаментов. Наиболее критичным дефектом признано расстройство узлов сопряжения свай с ростверком, вызванное промерзанием грунтов под подошвой ростверков с последующим пучением. В результате пучения произошло поднятие свайного ростверка с образованием зазоров между сваями и ростверком (Рисунок 2). Развитию данной ситуации способствовало конструктивное исполнение узлов сопряжения свай с ростверками – шарнирное без разбивки «голов» свай и объединения арматурных выпусков свай со стрежневой арматурой ростверков. В результате анкеровка свай в талом грунте не сдерживала деформации пучения грунтов, воздействующих через подошву ростверков. Помимо этого грунты основания и фундаменты не были утеплены и подвергались замачиванию талыми водами. В итоге было принято решение о демонтаже возведенного конструктива, включая ростверки, с последующим устройством на существующих сваях новых ростверков и возведением здания.



Рис. 2. Зазоры между сваяй и ростверком в результате пучения

Пример №3. Фундамент под многоэтажный жилой дом в Ленинском округе г. Омска. Фундаменты под дом выполнены в виде свайных лент, забитых с поверхности плани-

ровки с однорядным размещением свай. Марка забитых свай С120.30-8.У. Данное свайное поле представляет собой классический случай безответственного отношения со строительными конструкциями. Свайное поле было устроено опережающим темпом, после чего строительство здания было приостановлено на 4 года. Никаких мероприятий по обеспечению сохранности свай на период простоя строителями произведено не было. Ситуация усугублялась затоплением площадки поверхностными водами (рис.3).

Воздействие сил пучения в данном случае проявилось в раскрытии нормальных к продольной оси свай трещин. Появление трещин в стволах свай было спрогнозировано расчетом при проведении обследований. Ширина раскрытия трещин, определенная с помощью диагностических комплексов, составила 0,5...0,8 мм. Характерно, что трещины были сконцентрированы на глубине 1,7...2,0 м от поверхности земли, т.е. на отметке, близкой границе сезонного промерзания грунта. Соответственно, трещины возникли на границе между мерзлым и талым грунтом и были выявлено в 80% от общего объема свай. Следует подчеркнуть, что для свай с ненапряженной рабочей арматурой наличие трещин является широко распространенным явлением. Однако, данные трещины расположены преимущественно в зонах монтажных петель и имеют другое происхождение в отличие от трещин, выявленных при обследованиях. Причем, трещины в верхней части стволов свай (на расстоянии 1,8...2,2 м) от верха представляют большую опасность с точки зрения сохранности рабочей арматуры, поскольку, как правило, располагаются в зоне переменного уровня грунтовых вод, что способствует ускоренной коррозии арматуры. По результатам обследований непосредственно на данном объекте было рекомендовано продолжить строительство, поскольку работа свай планировалась практически только на центральные сжимающие нагрузки, что исключало необходимость учета арматуры. Однако, если бы надземная часть объекта имела иное конструктивное исполнение, сваи с трещинами потребовали бы дополнительных мероприятий по усилению.



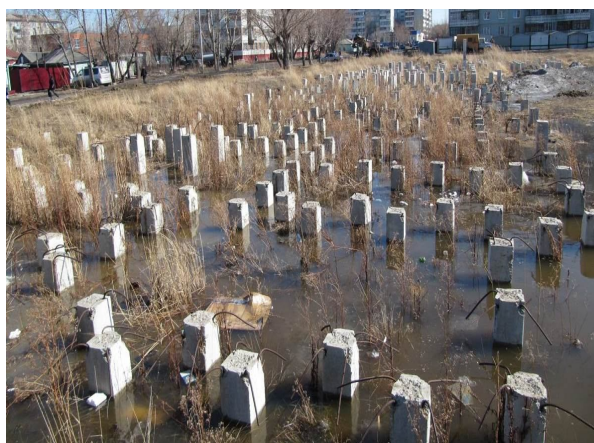


Рис. 3. Фактическое состояние свайного поля под многоэтажный жилой дом

Пример №4. Свайное поле было забито под строящийся многоэтажный гараж. Проектом были предусмотрены свайные кусты, включающие 9...12 железобетонных свай марки С100.30-6. Сваи погружались со дна котлована глубиной 2,5 м. После забивки сваи находились в открытом котловане в течение 4-х лет.

При инструментальном обследовании и измерении обнаружилась следующая картина. Сваи в центральной части котлована имели трещины в верхних частях стволов, но практически во всех сваях по контуру котлована трещины отсутствовали. Это в данном случае объясняется снижением расчетной глубины промерзания грунтов (а, следовательно, и действующей на сваю силы пучения) вследствие утепляющего эффекта снежного покрова, сконцентрированного вдоль откосов котлована. По разным данным, для условий Западной Сибири фактическая глубина промерзания грунтов может составлять 0,6...0,7 от расчетной [9,10]. Подробные исследования фактической глубины сезонного промерзания в условиях г. Омска на основе анализа данных по метеостанциям выполнялись Р.Ш. Абжалимовым.

Перечисленные выше примеры не являются единичными. Авторам статьи известны и другие случаи негативного воздействия сил морозного пучения на конструкции, в частности: возникновение трещин в сплошной монолитной железобетонной плите толщиной 1м, устроенной в качестве фундамента многоэтажного жилого дома. Трещины и деформации плиты возникли за одну зиму; нарушение анкеровки свай в грунте («вырыв» свай из гнезд) под воздействием сил морозного пучения; пучение малонагруженных свай в процессе строительства.

Как показывает практика обследований, наиболее действенным способом защиты свайных фундаментов от сил морозного пучения на период строительства является комплекс мероприятий, включающих утепление фундаментов с обязательной защитой утеплителя от увлажнения и создание пригрузки. Для неотапливаемых объектов возможно погружение свай в лидерные скважины с заполнением зазоров непучинистым материалом, однако в этом случае необходимо учитывать снижение несущей способности сваи на вертикальные и горизонтальные нагрузки [11]. Для фундаментов на естественном основании определяющим фактором является глубина заложения.

Необходимость пригрузки свай для их сохранности от образования трещин можно оценить и численно путем сопоставления усилий пучения грунта и усилий, соответствующих образованию трещин в сваях. Для оценки действующих касательных сил морозного пучения грунтов был построен график (рис. 4). В качестве примера взяты суглинки, поскольку они наиболее часто слагают верхнюю часть геолого-литологических разрезов в г. Омске, и выполнен расчет касательных сил морозного пучения по боковой поверхности сваи при различных показателях текучести грунта.

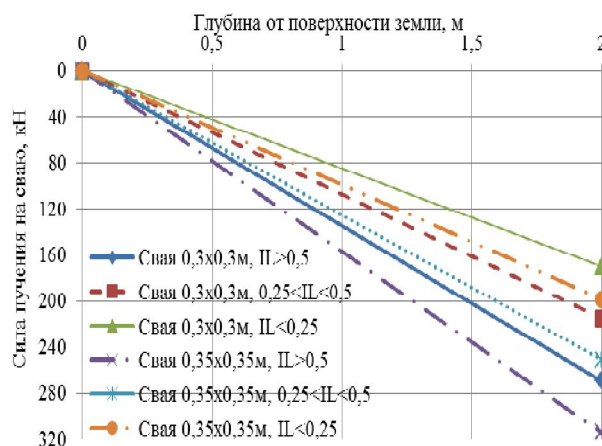


Рис. 4. Силы пучения суглинков, действующие на сваи

Значения осевых растягивающих усилий, соответствующих образованию трещин  $N_{срс}$ , определены на основании требований [12] и сведены в таблицу (таблица 1). Расчеты выполнены для классов бетона В15...В25 как для наиболее часто применяемого бетона при изготовлении свай. Сечение свай 0,3x0,3 м и 0,35x0,35 м, рабочая арматура без предварительного напряжения.

Таблица 1 – Начало усилия образования трещин в сваях

Сечение свай, м	Класс прочности бетона	Продольная рабочая арматура, диаметр и класс	Осевое растягивающее усилие, соответствующее образованию трещин $N_{срс}$ , кН
1	2	3	4
0,3x0,3	B15	4d10 (A500)	111
		4d12 (A500)	114
		4d14 (A500)	117
		4d16 (A500)	121
		4d18 (A500)	125
	B20	4d10 (A500)	135
		4d12 (A500)	138
		4d14 (A500)	142
		4d16 (A500)	145
	B25	4d18 (A500)	150
		4d10 (A500)	154
		4d12 (A500)	157
		4d14 (A500)	160
		4d16 (A500)	164
		4d18 (A500)	169
0,35x0,35	B15	4d12 (A500)	152
		4d14 (A500)	155
		4d16 (A500)	159
		4d18 (A500)	163
	B20	4d12 (A500)	185
		4d14 (A500)	188
		4d16 (A500)	192
		4d18 (A500)	196
	B25	4d12 (A500)	209
		4d14 (A500)	213
		4d16 (A500)	217
		4d18 (A500)	222

Сопоставление приведенных выше результатов показывает следующее: для массово применяемых свай сечением 0,3x0,3 м минимальное усилие, необходимое для образования трещин, составляет  $N_{срс} = 111$  кН; расчетное выдергивающее усилие, действующее на сваю при промерзании глинистого грунта до расчетной глубины промерзания  $N = 170$  кН (при показателе текучести грунта менее 0,25), т.е. превышает начальное усилие трещинообразования. Более того, выдергивающее усилие для свай с минимальным армированием может достигать величины прочности арматуры на разрыв (например, для свай с арматурой 4d12 A500 прочность составляет  $[N] = 195$  кН); для свай сечением 0,3x0,3 м опасной границей является промерзание даже до глубины 1,0...1,2м; армирование стволов свай в меньшей степени оказывает влияние на сопротивляемость раскрытию трещин, чем прочностные характеристики бетона, что влечет необходимость контроля прочности при строительстве. Необходимо отметить, что построенные на основании [8] графики являются приближенными (градация только по показателю текучести грунта). Анализ многочисленных данных по инженерно-

геологическим изысканиям на территории г. Омска и области показывает, что сезонно-промерзающие грунты на данной территории часто находятся в мягко- и текучепластичном состоянии, т.е. фактические силы пучения могут быть выше расчетных.

#### **Заключение**

1. Заказчикам строительства следует тщательно учитывать все риски, связанные со строительством здания, в том числе риск приостановки строительства на длительные сроки. В противном случае, как показывает практика, недостроенные объекты могут получить критические дефекты вследствие морозного пучения грунтов, при наличии которых продолжение строительства нецелесообразно из-за несоизмерных затрат на восстановление.

2. Специалистам проектных организаций необходимо выполнять проверку устойчивости фундаментов на действие сил морозного пучения грунтов, в том числе на период производства строительных работ. В проектах требуется указывать способы и мероприятия по противодействию влиянию сил морозного пучения грунтов на фундаменты, либо выполнять специализированные расче-

ты и предусматривать конструктивные мероприятия, компенсирующие влияние сил морозного пучения на фундаменты. Эти мероприятия должны неукоснительно соблюдаться не только в случае приостановке строительства (консервация), но и при возведении здания в зимний период времени.

3. В случае возобновления строительства недостроенных зданий, или строительства новых зданий на фундаментах, простоявших длительное время при наличии пучинистых грунтов в основании, необходимо выполнять детальные инструментально-технические обследования основания и фундаментов. Только на основе результатов обследований допускается принимать решения о возможности такого строительства и выполнении необходимых восстановительных мероприятий.

#### Библиографический список

1. Гольцов, В.М. Воздействие касательных сил морозного пучения грунтов на забивные сваи в период строительства: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Гольцов Владимир Михайлович. – Омск, 1998. – 200 с.

2. Сапожников, М.Я. Результаты наблюдений за перемещениями свайных фундаментов промышленных сооружений с ростверками, расположенными в зоне промерзания / М.Я. Сапожников, Г.Д. Храпов // «Вопросы механики грунтов». – Омск, Западно-Сибирское кн. изд-во, 1971. – С.50-54.

3. Абжалимов, Р.Ш. Особенности взаимодействия пучинистых грунтов с конструкциями подземных переходов и метод их расчёта: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Абжалимов Раис Шакирович. – М.1987 – 23 с.

4. Абжалимов, Р.Ш. Использование сезонно промерзающих пучинистых грунтов в качестве оснований для фундаментов малоэтажных зданий и подземных сооружений в инженерной практике. Монография / Р.Ш. Абжалимов. – г. Омск: Изд-во ООО «Омскбланкиздат», 2013. – 422 с.

5. Краев, А.Н. Определение содержания незамерзшей воды в мёрзлых грунтах на примере существующей автомобильной дороги, расположенной в ЯНАО / А.Н. Краев, Т.В. Пермитина // Сб. материалов XIV научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и соискателей. 27.11.2014 г. – Тюмень: РИО ТюмГАСУ, 2015. – С. 51-56.

6. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*. – Введ. 2015-07-01. М.: Минрегион России, 2010 – 161 с.: ил.

7. СНиП 2.02.03-85\*. Свайные фундаменты. Нормы проектирования/ Госстрой СССР. – М.: НИИОСП им. Н.М. Герсеванова Госстроя СССР, 2000 – 74 с.

8. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – Введ. 2015-07-01. М.: Минрегион России, 2010 – 86 с.: ил.

9. Ульрих, С.С. Сезонное промерзание грунтов и их взаимодействие с фундаментами зданий / С.С. Ульрих, В.И. Пусков – Красноярск, 1965. – 166 с.

10. Предложения по снижению глубины промерзания грунтов резервов и разработке мерзлых грунтов при зимних земляных работах. – М.: СО-ЮЗДОРНИИ, 1970 – 23 с.

11. Тишков, Е.В. Анализ решений фундаментов антенных сооружений связи / Е.В. Тишков, И.М. Ивасюк // Сб. «Научные труды Общества железобетонщиков Сибири и Урала». Вып.10. – Новосибирск: НГАСУ, 2010. – С. 40-44.

12. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – Введ. 2015-07-01. М.: Минрегион России, 2011. – 156 с.: ил.

#### FROST PENETRATION IN THE BASES OF THE FOUNDATIONS OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS: REASONS AND CONSEQUENCES

E.V. Tishkov, Yu. E. Ponomarenko,  
S.S. Roskoshniy, M.V. Mosin

**Abstract.** In article the factors promoting emergence of forces of a frosty swelling of soil, and also ways of counteraction to forces of a frosty swelling are considered. The practical examples of consequences of negative influence of forces of a frosty swelling of soil on the bases and elevated designs of buildings revealed at tool and technical inspections was analysed. Recommendations about preservation of the bases from frost penetration and to ensuring stability of the bases of buildings and constructions on action of efforts of a swelling of soil are provided.

**Keywords:** clay soil, base, foundation, pile, frosty swelling.

#### References

1. Gol'cov V.M. *Vozdejstvie kasatel'nyh sil moroznogo puchenija gruntov na zabivnye svai v period stroitel'stva* [Impact of tangent forces of a frosty pucheniye of soil on zabivny piles during construction: dis. cand.tech.sci.: 05.23.02]. Omsk, 1998. 200 p.

2. Sapozhnikov M.Ja., Hrapov G.D. *Rezultaty nabljudenij za peremeshhenijami svajnyh fundamentov promyshlennyh sooruzhenij s rostverkami, raspolozhennymi v zone promerzaniya* [Results of supervision over movements of the pile bases of industrial constructions with the grillages located in a frost penetration]. *Voprosy mehaniki gruntov*, Omsk, 1971. pp. 50-54.

3. Abzhalimov R.Sh. *Osobennosti vzaimodejstvija puchinistykh gruntov s konstrukcijami podzemnyh perehodov i metod ih raschjota: avtoref. dis. kand. tehn. nauk: 05.23.02.* [Features of interaction the puchinistykh of soil with designs of subways and a method of their calculation]. Moscow. 1987. 23 p.

4. Abzhalimov R.Sh. *Ispol'zovanie sezonno promerzajushhih puchinistykh gruntov v kachestve osnovanij dlja fundamentov malojetazhnyh zdaniy i podzemnyh sooruzhenij v inzhenernoj praktike* [Use of the soil which is seasonally freezing through the puchinistykh as the bases for the bases of low build-

ings and underground constructions in engineering practice]. Omsk. 2013. 422 p.

5. Kraev A.N., Permitina T.V. Opredelenie sodержanija nezamerzshoj vody v mjorzlyh gruntah na primere sushhestvujushhej avtomobil'noj dorogi, raspolozhennoj v JaNAO [Definition of the content of neza-merzshy water in frozen soil on the example of the existing highway located in Yamalo-Nenets Autonomous Area]. *Sb. materialov XIV nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i soiskatelej* 27.11.2014. Tjumen'. 2015. pp 51-56.

6. SP 22.13330.2011. Osnovaniya zdaniy i sooruzhenij [SP 22.13330.2011. Foundations of buildings and constructions. The staticized edition Construction Norms and Regulations 2.02.01-83]. Moscow, 2010, 161 p.

7. SNiP 2.02.03-85\*. Svajnye fundamenty. Normy proektirovaniya [Construction Norms and Regulations 2.02.03-85\*. Pile bases. Norms design]. Moscow, 2000, 74 p.

8. SP 24.13330.2011. Svajnye fundamenty. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.02.03-85 [SP 24.13330.2011. Pile bases. The staticized edition Construction Norms and Regulations 2.02.03-85]. Moscow, 2010, 86 p.

9. Ul'rih S.S., Puskov V.I. *Sezonnoe promerzanie gruntov i ih vzaimodejstvie s fundamentami zdaniy* [Seasonal frost penetration in soil and their interaction with the bases of buildings]. Krasnojarsk. 1965. 166 p.

10. *Predlozhenija po snizheniju glubiny promerzaniya gruntov rezervov i razrabotke merzlyh gruntov pri zimnih zemljanyh rabotah* [Offers on decrease in depth of frost penetration in soil of reserves and development of frozen soil at winter earthwork]. Moscow. 1970. 23 p.

11. Tishkov E.V., Ivasjuk I.M. Analiz reshenij fundamentov antennyh sooruzhenij svjazi [Analysis of solutions of the bases of antenna constructions of communication]. *Sb. Nauchnye trudy Obshhestva zhelezobetonshhikov Sibiri i Urala*. Vyp.10, Novosibirsk, 2010. pp. 40-44.

12. SP 63.13330.2012. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. Osnovnye polozhenija [SP 63.13330.2012. Concrete and ferroconcrete designs. Basic provisions. The staticized edition Construction Norms and Regulations 52-01-2003] Moscow, 2011. 156 p.

*Тишков Евгений Владимирович (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедр «Недвижимость и строительный бизнес», «Строительная механика и геотехнологии» ФГБОУ ВПО СибАДИ (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: evgen2713@mail.ru).*

*Пономаренко Юрий Евгеньевич (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительная механика и геотехнологии» ФГБОУ ВПО СибАДИ (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: nis@sibadi.org).*

*Роскошный Станислав Сергеевич (Россия, Омск) – инженер-эксперт Омского областного отделения общероссийского общественного фонда «Центр качества строительства» (644099, г. Омск, у. К. Либкнехта, 33, e-mail: 89039263767@yandex.ru).*

*Мосин Максим Владимирович (Россия, Омск) – аспирант кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО СибАДИ (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: maksim.mosin@mail.ru).*

*Evgeniy V. Tishkov (Russian Federation, Omsk) – candidate technical sciences, Ass. Professor, Department of Real Estate and Construction Business, Building Mechanics and Geotechnologys, of The Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5, Omsk, e-mail: evgen2713@mail.ru).*

*Yuriy E. Ponomarenko (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor, Department of Building Mechanics and Geotechnologys, of The Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, e-mail: nis@sibadi.org).*

*Stanislav S. Roskosshnyy (Russian Federation, Omsk) – engineer expert of Omsk regional office of the all-Russian public fund "Center of Quality of Construction" (644099, K. Libknexta av., 33, Omsk, e-mail: 89039263767@yandex.ru).*

*Maxim V. Mosin (Russian Federation, Omsk) – post-graduate student, Department of Building Constructions, of The Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, 5, e-mail: maksim.mosin@mail.ru).*

УДК 691.542:53

### САПРОПЕЛЕВЫЕ МОДИФИКАТОРЫ ЦЕМЕНТНОГО ВЯЖУЩЕГО

В.А. Хомич<sup>1</sup>, О.И. Кривонос<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Омск, Россия;

<sup>2</sup>Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, Омск, Россия.

**Аннотация.** Представлены результаты изучения процесса получения активных минеральных добавок из сапропелевого сырья путем его сжигания при 850...900 °С и последующего измельчения. Изучены свойства цементного камня с добавками зол сапропелей и механизм их действия. Введение зол, совместно с пластификатором Glenium, в цементы ПЦ 400 и ПЦ 500 Д0 приводит к увеличению прочности цементного камня и значительно снижает его водопоглощение. Добавка золы оказывает на

цементное вяжущее пуццолановое действие; а за счет содержащихся в ней алюмокремнезелей, вызывает образование стабильных форм алюминатов кальция.

**Ключевые слова:** активная минеральная добавка, сапропель, зола, цементное вяжущее, цементный камень.

### Введение

Сапропель относится к возобновляемым природным ресурсам, что позволяет рассматривать его добычу, переработку и использование в долгосрочной перспективе. В России количество водоемов, богатых сапропелем велико. Ежегодный прирост сапропеля для озера средней величины составляет 500...1000 тонн. В основном озера богатые сапропелем находятся в Центральной части России и на территории Западной Сибири, причем 75 % разведанных запасов сапропеля Западной Сибири сосредоточено в Омской области: учтено более двухсот озер, общее количество сырья в которых составляет 180 млн т. Основное месторождение, имеющее промышленное освоение, расположено в Тюкалинском районе (озеро Пучай). Ежегодная добыча сапропеля составляет до 20 тыс. тонн в год [1].

Для реализации направления рационального использования этого уникального природного сырья необходима разработка комплексного подхода к его переработке с максимально широким спектром получаемых продуктов. К настоящему времени предложены различные варианты переработки сапропелей, направленные преимущественно на извлечение биологической и органической составляющих, а также на получение твердых углеродных материалов [2].

Минеральная компонента сапропелей образована остатками диатомовых водорослей. Известно, что природными активными минеральными добавками в цемент являются диатомовые породы, сформированные из отмерших диатомовых водорослей за миллионы лет и содержащие аморфный кремнезем, способный связывать известь цемента в

низкоосновные гидросиликаты кальция (пуццолановая реакция) [3].

Генезис минеральной компоненты сапропелей предопределяет ее активность в пуццолановых реакциях. Обжиг сапропелей приводит к получению продукта – золы, которая содержит только минеральные вещества, так как органическая составляющая выгорает. Поэтому золы сапропелей испытаны в качестве активной минеральной добавки к портландцементу [4,5]. Сырьем для производства добавки путем озоления могут выступать твердые остатки – побочные продукты химической (экстракция жидкими и сверхкритическими растворителями) и термохимической (деструктивная гидрогенизация, ожижение) переработок сапропелей.

Целью исследования является научное обоснование возможности и перспективы использования зол сапропелей в качестве активных минеральных добавок в цемент.

### Изучение процесса получения активных минеральных добавок из сапропелевого сырья

В задачи данного этапа исследования входило изучение морфологического и химического состава минеральной компоненты сапропелей, изучение термического превращения сапропелевого сырья, определение активных компонентов зол сапропелей, способных участвовать в пуццолановой реакции, а также установление пуццолановой активности зол.

Методом сканирующей электронной микроскопии (SEM) с энергодисперсионной спектроскопией (EDS) на микроскопе марки JSM-6610 LV «JEOL» изучен микрорельеф поверхности сапропелей, рис. 1.

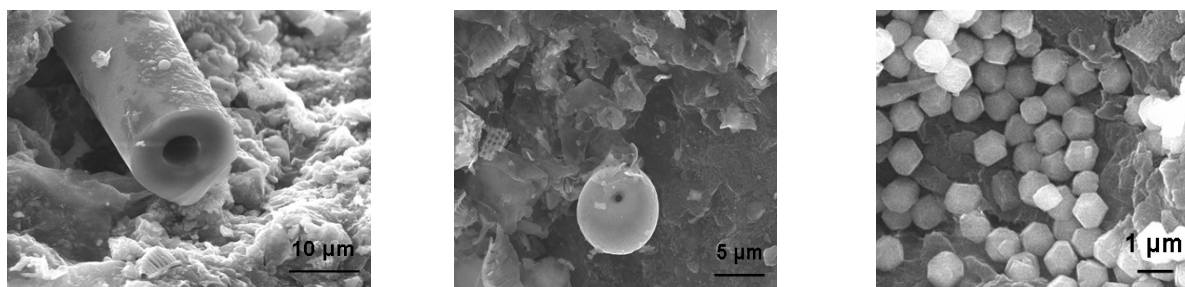


Рис. 1. Электронно-микроскопические фотографии минеральных компонентов сапропеля озера Горчаковское

Минеральная составляющая сапропелей представляет собой неоднородную смесь, которая включает в себя остатки диатомовых водорослей (аморфная форма кремнезема), алюмосиликаты, кварц (кристаллическая форма кремнезема), карбонаты и другие соли металлов. Кремниевая составляющая представлена в нескольких формаобразованиях: в виде трубок, с внешним диаметром 20 мкм и диаметром отверстия 5...7 мкм; в виде шарообразных включений размером 20...25 мкм. Большое количество остатков диатомовых водорослей с размером отверстий от 30...50

м до 1...3 мкм. Железосодержащая компонента представлена либо в рассеянном виде, либо в виде комплексного скопления частиц пирита в форме «шара».

Распределение активных минеральных компонентов на поверхности сапропеля исследовали с помощью картирования, рисунок 2. Основная доля приходится на кремнийсодержащие компоненты, о чем свидетельствует интенсивность окрашивания исследуемого поля. Более локально распределены соединения, содержащие алюминий и калий.

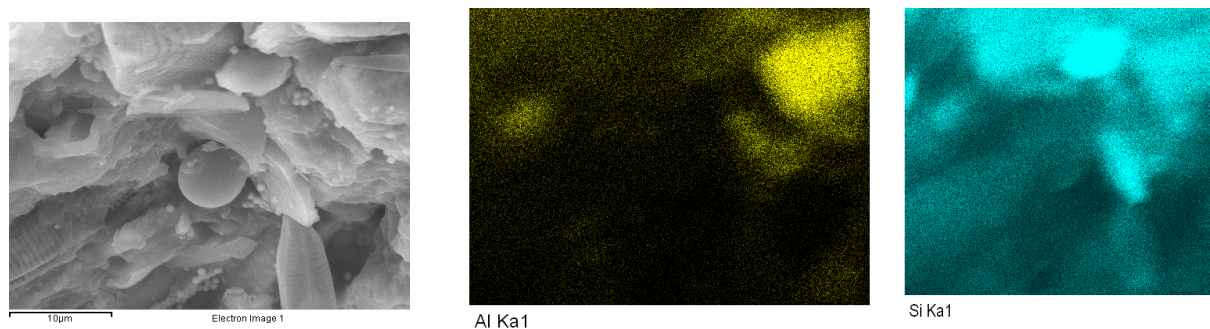


Рис. 2. Карты распределения активных минералообразующих компонентов на поверхности сапропеля озера Горчаковское

Таким образом, генезис минеральной компоненты предопределяет содержание в ней кремнезема в аморфной растворимой форме. Аморфный кремнезем  $\text{SiO}_2$  входит в состав активных минеральных (пуццолановых) добавок к цементу [6]. Кроме кремнезема, компонентами, участвующими в пуццолановой реакции, являются алюмокремнегели ( $n\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot m\text{SiO}_2$ ). Образование алюмокремнегелей происходит при обжиге сапропелевого сырья, в результате разложения глинистых минералов [7].

Исследования термического превращения сапропелей проводили с использованием термогравиметрического метода на анализаторе DTG-60 фирмы Shimadzu и рентгенофазового анализа. На кривых ДТА сапропелей озера Пучай регистрируются экзотермические эффекты при 305...315 и 490...500°C, а также в интервале температур 655...815 °C, отвечающие за распад, окисление и карбонизацию органических веществ. Слабо выраженный эндотермический эффект при 540...560 °C вызван потерей алюмосиликатами гидроксильных групп. При температуре 875...885 °C регистрируется эндотермический эффект, не сопровождающийся выраженной потерей массы. Он связан с разрушением структуры слюды (мусковита) и с образованием расплава за счет алюмокремнегелей [7].

Рентгенографические исследования проводили на порошковом дифрактометре D8 Advance (Bruker) в  $\text{CuK}\alpha$  – излучении. В сапропелях озера Пучай содержатся фазы кремнезема  $\text{SiO}_2$ , альбита  $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ , мусковита  $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$  и гидросиликата  $\text{H}_{10}\text{Si}_{10}\text{O}_{15}$ . После сжигания сапропеля исчезают фазы мусковита и гидросиликата. В золе образуются дополнительные фазы  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Na}(\text{AlSi}_2\text{O}_6)$ .

Из проведенных исследований следует, что при обжиге сапропелевого сырья удаляются органические вещества; происходит дегидратация глинистых минералов, разрушается их структура с образованием алюмокремнегелей. Это приводит к возрастанию реакционной способности аморфной составляющей материала. Однако при более длительном обжиге реакционная активность золь должна снижаться из-за образования большего количества новых кристаллических фаз, в которые переходят аморфные компоненты.

Пуццолановые свойства золь возникают при температуре обжига сырья, которая превышает как температуру удаления органических соединений, так и температуры дегидратации и разложения глинистых минералов. Режим термической обработки оказывает существенное влияние на активность золь. Длительность

тельность обжига зависит от типа сапропеля, природы и состава сапропелевого сырья.

Золы сапропелей получали сжиганием при 850...900 °С с последующим их измельчением. Количественный анализ зол проводили на атомно-эмиссионном спектрометре

Varian 710-ES «Agilent Technologies» (Ca, Mg, Fe, Al) и на атомно-абсорбционном спектрометре AA-6300 «Shimadzu» (Na, K); кремнезем определяли гравиметрическим методом, ГОСТ 2642.3-97, таблица 1.

Таблица 1 – Химический состав зол сапропелей, %

Месторождение	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO
Пучай	67,72	14,54	5,74	3,37	1,17	2,23	2,33
Жилой Рям	67,30	12,03	5,91	2,67	1,37	2,45	1,92
Горькое	63,40	7,08	3,79	8,82	2,41	1,76	5,55
Горчаковское	56,59	13,92	6,69	7,11	2,17	2,30	9,32

Реакционная способность аморфной составляющей зол оценивалась по пуццолановой активности. Пуццолановая активность, в %, определялась по методике Бута Ю.М. и Тимашева В.В. и составила для зол сапропелей озера: Пучай – 47, Жилой Рям – 46, Молоковское – 34.

#### Изучение свойств цементного камня с добавками зол сапропелей

Эффективность пуццоланового действия зол оценивалась по их влиянию на прочностные свойства затвердевшего цемента (ГОСТ 5802-86). Цементные смеси готовили из портландцементов ПЦ 400 и ПЦ 500Д0 Топкинско-

го цементного завода. Для снижения водопотребности использовали пластификатор Glenium 115 компании «BASF Строительные системы». Результаты исследования прочностных показателей цементного камня на основе ПЦ 400 (после 28 суток приводного твердения при 20 ± 5 °С) показывают, что золы сапропелей озера Пучай и Жилой Рям (в количестве 8...10 % от массы цемента) совместно с пластификатором вызывают повышение прочности на 42...56 %. Характеристики цементного камня на основе портландцемента ПЦ 500Д0 приведены на рисунке 3 и сведены в таблице 2.

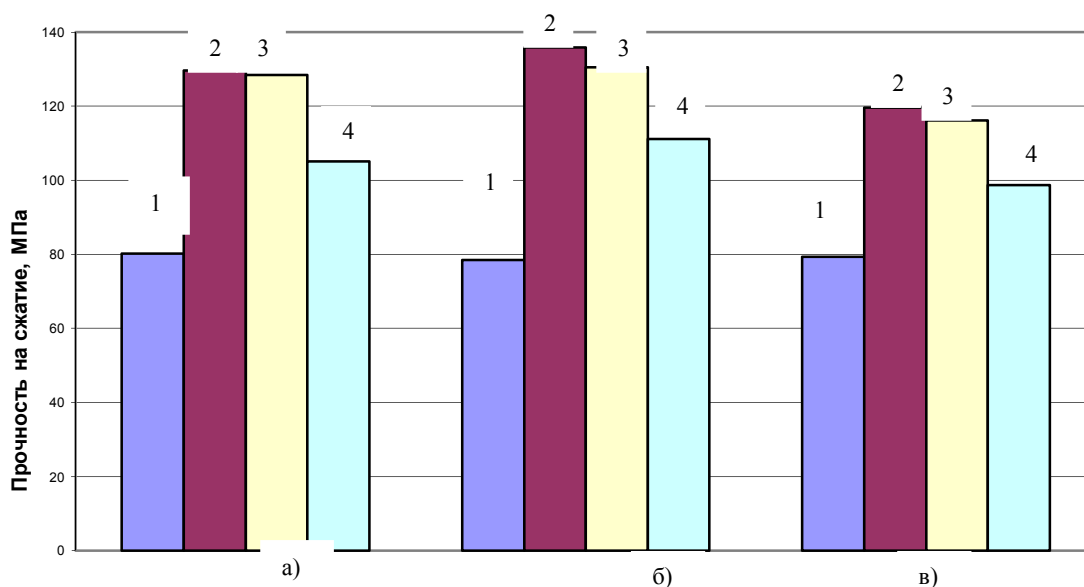


Рис. 3. Прочность на сжатие цементного камня на основе портландцемента ПЦ 500Д0 с добавками Glenium (GI) и золы сапропеля: а – 5 %, б – 10 %, в – 15 %; 1 – состав без добавок, составы с добавками GI и золы озера: 2 – Пучай, 3 – Жилой Рям, 4 – Горькое

Таблица 2 – Характеристики цементного камня с золой сапропеля озера Пучай

№ п/п	Цементный камень с добавкой	Прочность на сжатие, МПа	Водоцементное отношение, В/Ц	Водопоглощение, %	Прочность на изгиб, МПа
1	Без добавок	65,1	0,27	17,6	7,05
2	Glenium	89,8	0,20	-	7,57
3	Зола	39,4	0,27	-	-
4	GI и зола 6 %	98,7	0,21	-	11,3
5	GI и зола 8 %	110,5	0,23	3,0	13,47
6	GI и зола 10 %	98,4	0,23	-	7,93
7	СП-1 и зола 8%	81,8	0,28	9,2	-

Разница в прочностных показателях композиций объясняется отличием химического состава и морфологических характеристик добавок зол. Наибольшая прочность отвечает составам с золой сапропеля озера Пучай. Добавка, состоящая из 8 % золы озера Пучай и 1 % суперпластификатора Glenium 115, в строительную смесь на основе портландцемента ПЦ 500Д0 увеличивает прочность цементного камня на 70 % и снижает водопоглощение с 18 до 3 %. Увеличить прочность цементного камня до 94 % удалось путем изменения температурного режима получения и степени измельчения золы.

### Изучение механизма действия добавок зол сапропелей в цемент

Для изучения механизма действия добавки золы провели исследование фазового состава цементного камня, рисунок 4.

На рентгенограммах цементного камня с добавкой золы и пластификатора уменьшаются пики, соответствующие портландиту ( $d/n = 4,89; 1,97; 1,76$ ). Появляются новые пики, отвечающие за стабильные закристаллизованные кубические гидроалюминаты кальция типа  $C_3AH_6$  ( $d/n = 5,14; 4,4; 3,35; 2,78; 1,95; 1,66$ ). Кроме пуццоланового действия добавка золы вызывает переход от нестабильных к стабильным формам алюминатов, которые обеспечивают цементному камню прочность и стабильность в процессе эксплуатации [8].

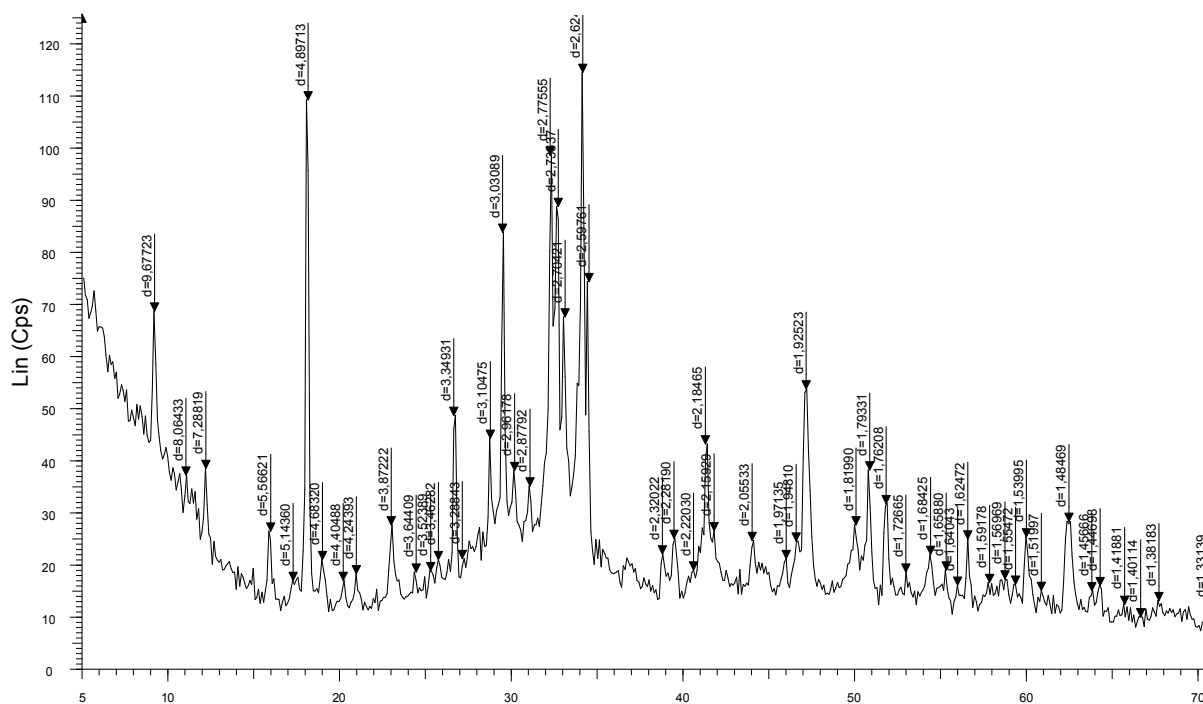


Рис. 4. Рентгенограмма цементного камня с добавкой золы сапропеля



**Заключение**

В представленном исследовании реализована гипотеза, основанная на генезисе минеральной компоненты сапропелей, о содержании в золах сапропелей реакционно-способного аморфного кремнезема, который входит в состав активных минеральных добавок к портландцементу. Определен морфологический и химический состав минеральной компоненты сапропелей. С помощью термического и рентгенофазового анализа установлено, что при обжиге сапропелевого сырья удаляются органические вещества, происходит дегидратация и разрушение глинистых минералов. Добавки зол сапропелей получены из сапропелевого сырья путем его сжигания при 850...900 °С и последующего измельчения. Введение зол сапропелей, совместно с пластификатором Glenium, в цементы ПЦ 400 и ПЦ 500 Д0 приводит к увеличению прочностных показателей цементного камня и значительно уменьшению его водопоглощения. Установлено, что эффект действия добавок зол, как активных минеральных добавок, обусловлен наличием в их составе реакционно-способной аморфной составляющей, состоящей из SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в определенных количественных соотношениях и представляющей в основном кремнезем минеральной компоненты сапропелей, а также алюмокремнегели, образованные при распаде глинистых минералов. Добавки зол сапропелей являются модификаторами цементного вяжущего, улучшающего его эксплуатационные свойства, что доказывается рентгенограммами фиксирующими изменение фазового состава цементного камня, а именно уменьшение содержания портландита (пуццолановое действие) и образование, вместо нестабильных, стабильных форм алюминатов кальция.

В качестве сырья для производства активных минеральных добавок могут быть использованы как нативные сапропели, так и твердые остатки после извлечения из сапропелей органической компоненты, в том числе биологически активных веществ в процессах термической и химической переработок. Сырьем могут служить полученные из сапропелей и использованные нефтяные и углеродминеральные сорбенты, носители сорбентов и катализаторов.

Использование зол сапропелей для производства активных минеральных добавок в цементы представляет собой отдельное новое направление в комплексной переработке сапропелевого сырья Омского региона.

**Библиографический список**

1. Шамаков, П.Ф. Сапропелевые ресурсы озер омской области и их рациональное использование. Кормовые ресурсы Западной Сибири и их рациональное использование / П.Ф.Шамаков, А.Г. Третьяков, В.А. Левицкий // Сб. трудов. – Омск, 2005. – С. 51–70.
2. Кривонос, О.И. Разработка нового подхода к комплексной переработке сапропелей: Автореф. дисс. канд. хим. наук. – Омск, 2012. – 18 с.
3. Пустовгар, А.П. Эффективность применения активированного диатомита в сухих строительных смесях / А.П. Пустовгар // Строительные материалы. – 2009. – № 10. – С.79-81.
4. Хомич, В.А. Золы сапропелей как добавки к портландцементу / В.А. Хомич, Е.В. Данилина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2013. – Т. 13. – № 1. – С. 41-44.
5. Khomich V.A., Danilina E.V., Krivonos O.I., Plaksin G.V. Active mineral additives of sapropel ashes. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – 71. – 012044. Available at: <http://iopscience.iop.org/1757-899X/71/1/012044>.
6. Крамар, Л.Я. Модификаторы цементных бетонов и растворов (Технические характеристики и механизм действия) / Л.Я.Крамар, Б.Я.Трофимов, Е.А. Гамалий, Т.Н. Черных, В.В. Зимич. – Челябинск: ООО «Искра-Профи», 2012. – 202 с.
7. Стафеева, З.В. Рациональное использование природных ресурсов с глубокой переработкой продуктов обогащения / З.В. Стафеева, Т.М. Аргынбаев, Е.В. Белогуб // Перспективы развития строительного материаловедения: сборник статей Международной научно-технической конференции. – Челябинск: изд-во «Пирс», 2013. – С. 43-49.
8. Кирсанова, А.А. Комплексный модификатор с метакаолином для получения цементных композитов с высокой ранней прочностью и стабильностью / А.А. Кирсанова, Л.Я. Крамар, Т.Н. Черных, Т.М. Аргынбаев, З.В. Стафеева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2013. – Т. 13. – № 1. – С. 49-55.

**SAPROPELIC MODIFYING ADDITIVES FOR CEMENT BONDING AGENTS**

V.A. Khomich, O.I. Krivonos

**Abstract.** The data on obtaining active mineral additives from sapropelic raw materials while their burning at 850 ... 900 °С and afterpowdering are presented in the article. Properties of paste matrix with sapropel ashes were studied and the mechanism of sapropel ashes influence was discovered. Introduction of ashes into Portland cement PC 400 and PC 500A0 together with Glenium plasticizer increases paste matrix strength and decreases its water absorption. Ash adding makes a puzzolanic effect on the cement bonding agent and causes the formation of stable calcium aluminate forms due to the alumosilicagels content.

**Keywords:** active mineral additive, sapropel, ash, cement bonding agent, paste matrix.

References

1. Shmakov P.F., Tretyakov A.G., Levitsky V.A. *Sapropel'nye resursy ozer omskoj oblasti i ih racional'noe ispol'zovanie. Kormovye resursy Zapadnoj Sibiri i ih racional'noe ispol'zovanie* [Sapropel resources of Omsk region lakes and their conservation Collection of scientific papers]. Omsk, 2005. pp. 51 – 70.
2. Krivosos O.I. *Razrabotka novogo podhoda k kompleksnoj pererabotke sapropelej* [New approach to integrated sapropel processing: Abstract of a Cand. Sc. ]. Omsk, 2012. 18 p.
3. Pustovgar A.P. *Jeffektivnost' primene-nija aktivirovannogo diatomita v suhих stroitel'nyh smesjah* [The efficiency of activated diatomite in dry building mixes]. *Stroitel'nye materialy*, 2009, no. 10, pp. 79-81.
4. Khomich V.A., Danilina E.V. *Zoly sapropelej kak dobavki k portlandcementu* [Sapropel ashes as Portland cement additives]. *Vestnik JuUrGU. Serija «Stroitel'stvo i arhitektura»*, 2013, vol. 13, no. 1, pp. 41 – 44.
5. Khomich V.A., Danilina E.V., Krivosos O.I., Plaksin G.V. [Active mineral additives of sapropel ashes. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2015, 71 012044] Available at: <http://iopscience.iop.org/1757-899X/71/1/012044>.
6. Kramar L.Y., Trofimov B.Y., Gamaliy E.A., Chernykh T.N., Zimich V.V. *Modifikatory cementnyh be-tonov i rastvorov (Tehnicheskie harakteristiki i mehanizm dejstvija)* [Modifiers of cement concretes and mortars]. Chelyabinsk: Llc «Iskra-Profi», 2012. 202 p.
7. Stafeeva Z.V., Argynbaev T.M., Belogub E.V. *Racional'noe ispol'zovanie prirodnyh resursov s glubokoj pererabotkoj produktov obogashhenija* [Rational utilization of natural resources with deep pro-

cessing of concentrates] *Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii*, Chelyabinsk: «Pirs» publisher, 2013. 152 p. Pp. 43-49.

8. Kirsanova A.A., Kramar I.Ya., Chernykh T.N., Argynbaev T.M., Stafeeva Z.V. *Kompleksnyj modifikator s metakaolinom dlja poluchenija cementnyh kompozitov s vysokoj rannej prochnost'ju i stabil'no-st'ju* [Complex modifier with metakaolin for obtaining cement composites of high early strength and stability]. *Vestnik JuUrGU. Serija «Stroitel'stvo i arhitektura»*, 2013, vol. 13, no. 1, pp. 49 – 55.

*Хомич Вера Алексеевна (Россия, Омск) – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры «Инженерная экология и химия» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: vera\_khomich@mail.ru).*

*Кривосос Оксана Ивановна (Россия, г. Омск) – кандидат химических наук, научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем переработки углеводородов» СО РАН (644040, г. Омск, ул. Нефтезаводская, 54, e-mail: KOI1981@mail.ru).*

*Khomich Vera Alekseevna (Russian Federation, Omsk) – candidate chemistry sciences, associate professor of the “Engineering Ecology and Chemistry” Department, of The Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Russia, Mira prospect, 5, e-mail: vera\_khomich@mail.ru).*

*Krivosos Oksana Ivanovna (Russian Federation, Omsk) – candidate chemistry sciences, Federal State Budgetary Research Institution “Institute for Hydrocarbon Processing” SB RAS (644040, Omsk, Russia, Neftzavodskay av., 54, e-mail: KOI1981@mail.ru).*

## РАЗДЕЛ III

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 004.93

### ОЦЕНКА ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ С КОМПЬЮТЕРНОЙ МЫШЬЮ

Р.В. Борисов<sup>1</sup>, Д.Н. Зверев<sup>2</sup>, А.Е. Сулавко<sup>3</sup>, В.Ю. Писаренко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ООО "Люксофт Профешнл", Филиал ООО "Люксофт Профешнл" в городе Омск, Россия, Омск; <sup>2</sup>ООО «Интрокод», Россия, Омск;

<sup>3</sup> Омский государственный технический университет «ОмГТУ», Россия, Омск;

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема защиты конфиденциальных данных от несанкционированного доступа в компьютерной системе. Предложен метод идентификации пользователей по особенностям работы с мышью, основанный на мониторинге деятельности субъекта во время работы за компьютером и применении сетей Байеса для принятия идентификационных решений.

**Ключевые слова:** распознавание образов, биометрические системы, идентификация, аутентификация, нарушитель, идентифицирующие признаки, особенности работы с мышью.

#### Введение

Повсеместная информатизация и введение компьютеров в различные сферы деятельности приводит к массовому переходу на электронный документооборот. Поэтому актуализация вопросов защиты компьютерных ресурсов от несанкционированного доступа является закономерным явлением. Потеря, искажение, нарушение конфиденциальности информации наносит финансовый ущерб ее собственнику. Финансовые потери мировой экономики исчисляются десятками миллиардов долларов в год [1]. По данным аналитических исследований компании *InfoWatch* основная доля этого ущерба (55%) обусловлена деятельностью инсайдеров – внутренних неояльных по отношению к организации сотрудников [2]. В связи с этим требуется проводить скрытый мониторинг деятельности пользователя за компьютером, его непрерывную аутентификацию и распознавание опасных с точки зрения информационной безопасности действий. Современные средства аутентификации основаны на проверке паролей, смарт-карт и биометрических характеристик. Последний вариант позволяет привязать аутентификатор к личности человека, поэтому является предпочтительным. Основная проблема создания биометрических систем идентификации/аутентификации состоит в выделении информативных признаков.

Наиболее надежными в этом плане являются открытые биометрические образы – отпечатки пальцев, радужная оболочка. Однако они находятся «на виду», существует множество способов их хищения незаметно для владельца. Реализовать скрытую процедуру аутентификации с их использованием проблематично (если вообще возможно). В рамках данной работы предлагается подход для разграничения доступа в компьютерной системе на основе особенностей работы пользователя с мышью. Данные, полученные при работе пользователя с мышью, используются для дополнительной непрерывной во времени аутентификации пользователя (в процессе его работы за компьютером), получившего доступ к компьютерной системе. Это возможно в связи с тем, что у каждого пользователя существует собственная манера управления манипулятором «мышь» [3-4].

#### Достигнутые результаты в области распознавания пользователей по особенностям работы с мышью.

В работах [3-4] определено множество параметров траектории курсора при манипулировании мышью. Предложено каждую траекторию отображать вектором из пяти параметров: время движения манипулятора до его остановки, длина траектории, скорость разгона курсора, время между остановкой указателя и подтверждающим нажатием кнопки ма-

нипулятора, угол направления начального движения. Большинство из этих параметров определяет скоростные характеристики (динамику) работы пользователя с компьютерной мышью и мало учитывают параметры траекторий движения. Автором работы [4] также предложены: компьютерная модель информационного почерка пользователя на базе манипулятора «мышь»; метод распознавания состояния системы «пользователь-мышь» посредством выявленных информативных параметров и нейронной сети радиального типа с вероятностью 0,9-0,95; программный комплекс, реализующий указанный метод. Достигнутые результаты в области распознавания пользователей по особенностям работы с мышью не достаточно показательны для внедрения на практике. Масштабные исследования в данном направлении только начинают проводиться. Особенности работы с манипулятором «мышь» часто используют в сочетании с клавиатурным почерком для распознавания пользователя, находящегося за компьютером [5], а также определения нелояльного поведения и предотвращения утечки конфиденциальных данных [6]. В одной из последних работ в данной области [6] приводится вероятность правильной идентификации пользователей по особенностям работы с мышью порядка 0,8, при этом вероятность правильной идентификации по клавиатурному почерку при аналогичных условиях с использованием тех же методик составила 0,83, что незначительно выше. Можно предположить, что информативность временных характеристик клавиатурного почерка несущественно выше информативности особенностей работы с мышью. Но если при распознавании по клавиатурному почерку удалось подойти к пределу надежности (после 2007-2009 годов не удалось получить достоверный результат по снижению коэффициента равновероятной ошибки менее чем до 1% [7-8]), то идентификационный потенциал особенностей работы с мышью полностью не исследован. В работе [6] указывается, что признаки мыши менее стабильны и сильно зависят от используемых пользователем устройств по сравнению с признаками клавиатурного почерка. Вероятность правильной идентификации при использовании клавиатурного почерка совместно с признаками мыши, достигнутая в [6], составила более 0,92. Известен результат, при котором вероятность правильной идентификации 14 субъектов только по особенностям работы с мышью равна 0,93 [4]. Настоящее исследование направлено на то, чтобы повысить надежность

распознавания пользователя по характеру работы с мышью, используя для этого не только временные характеристики перемещений курсора, но и параметры его траекторий. Цель работы: дать обобщенную оценку идентификационных возможностей особенностей работы с мышью.

#### Идентификационные признаки

Прежде всего, необходимо выделить устойчивые идентификационные признаки и создать эталон пользователя. Эталонные значения признаков должны быть характерно различимы у разных людей, а образцы признаков одного человека, должны быть схожи. Для выявления информативных признаков разработан программный модуль. Элементы интерфейса, относительно которых производится измерение признаков – кнопки различных размеров, появляющиеся в случайно определенных областях экрана (рис.1). Пользователю предлагается нажимать на данные кнопки. Один из потенциальных признаков основан на оценке среднего времени перемещения курсора мыши между элементами интерфейса при помощи адаптированной для данной задачи формулы (1) закона Фиттса [9]. Закон связывает время движения к наблюдаемой цели с точностью движения и с расстоянием до наблюдаемой цели. Чем дальше или точнее выполняется движение руки (кисти, ноги и др.) субъекта, тем больше коррекции необходимо для его выполнения, и соответственно, больше времени требуется субъекту для внесения этой коррекции. Одна из высказанных в работе [10] гипотез заключается в том, что при внесении коррекции движений проявляются индивидуальные особенности человека, работающего с манипулятором «мышь». Таким образом, фактическое время перемещения не должно совпадать с оценкой, вычисляемой по формуле (1), а должно отличаться на величину  $\Delta T$ , которую решено использовать как один из идентифицирующих признаков в настоящей работе. Другими признаками, предложенными в работе [10], которые использованы в настоящей работе, являются максимальное  $C_{max}$  и среднее  $C_{mid}$  отклонения (в пикселях) от кратчайшего пути  $s_{min}$  перемещения курсора между двумя элементами интерфейса.

$$T = b \cdot \log_2 \left( \frac{D}{W} + 1 \right), \quad (1)$$

где  $b$  — величина, зависящая от типичной скорости движения курсора мыши (вычисляется как отношение средней скорости движения мыши по экрану, осуществляемого субъектом, к установленному в операционной сис-

теме коэффициенту чувствительности мыши),  $D$  — дистанция перемещения курсора между элементами интерфейса (в пикселях),  $W$  — ширина элемента интерфейса, к которому направляется курсор (в пикселях).

Также в качестве признаков предлагается использовать амплитуды первых десяти низкочастотных гармоник функции скорости перемещения курсора мыши по экрану  $V_{xy}(t)$ , вычисляемой по формуле (2). Разложение функции производится с помощью быстрого преобразования Фурье, тем самым достигается нормирование участков пути курсора по времени. Каждый участок приводится к длительности в 0,5 секунд. Амплитуды нормируются  $A^*=A/E_s$  по энергии функции  $V_{xy}(t)$ , вычисляемой в соответствии с формулой (3), данная операция осуществляется для того, чтобы привести все траектории перемещений курсора между элементами интерфейса к единому масштабу. Аналогичные операции осуществляются по отношению к функциям координат курсора  $x(t)$  и  $y(t)$ , однако предварительно данные функции переводятся в другую систему координат, где началом координат

является центр элемента интерфейса, на который было произведено нажатие, ось абсцисс располагается в направлении центра элемента интерфейса, по отношению к которому производится перемещение курсора (рис. 1). Это необходимо выполнять, чтобы избавиться от наклона линий, связывающих элементы интерфейса, относительно исходной координатной плоскости (т.е. зависимости координат от угла наклона).

$$V_{xy}(t) = \sqrt{(x(t_{i+1}) - x(t_i))^2 + (y(t_{i+1}) - y(t_i))^2}, \quad (2)$$

где  $x$  и  $y$  — координаты курсора,  $t_i$  —  $i$ -ый момент времени регистрации координат курсора (регистрация координат курсора осуществляется разработанным программным модулем и зависит от производительности компьютера).

$$E_s = \int_{-\infty}^{\infty} A^2(\omega) dt, \quad (3)$$

где  $A(\omega)$  — амплитуды гармоники с частотой  $\omega$  функции  $V_{xy}(t)$ .

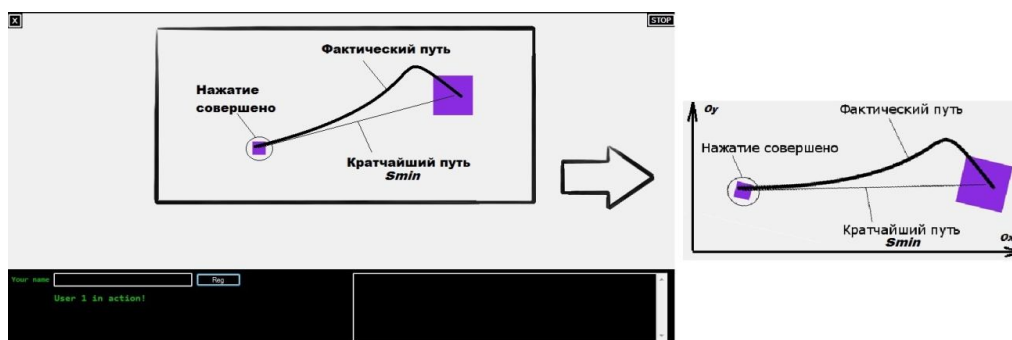


Рис. 1. Ввод пользователем данных о перемещении курсора между элементами интерфейса (слева); Перевод траектории движения курсора между парой элементов интерфейса в другую систему координат (справа)

### Создание эталонов и оценка информативности признаков

На основании критерия Хи-квадрат установлено, что законы распределения значений описанных признаков наиболее близки к нормальному (хотя для некоторых испытуемых характерно также логнормальное распределение отдельных признаков). Поэтому для создания эталонов были рассчитаны параметры нормального закона распределения — математические ожидания и среднеквадратичные отклонения значений каждого признака. Эти параметры представляют собой эталон. При помощи разработанного программного модуля была собрана база, состоящая из набора не менее чем 100 значений каждого признака для 18 испытуемых, т.е. создано 18 эталонов по данным не менее чем о 100

перемещениях курсора для каждого пользователя. Так как скорость реакций субъекта существенно зависит от его темперамента, то испытуемые подбирались таким образом, чтобы среди них было примерно равное количество представителей каждого типа темперамента: 5 сангвиников, 4 холерика, 5 меланхоликов и 4 флегматика (что определялось с помощью теста Айзенка).

Анализ выявленных идентификационных характеристик показал, что признаки  $C_{max}$  и  $C_{mid}$  очень зависимы, коэффициент корреляции между значениями данных признаков близок к единице практически у всех испытуемых (рис. 2). Площади пересечения функций плотностей вероятности данных признаков для всех испытуемых значительны, нормирование значений  $C_{max}$  и  $C_{mid}$  по величине

кратчайшего пути между целевыми элементами интерфейса не исправляет положение (рис. 3). Аналогичные заключения были сделаны относительно признака  $\Delta T$ . Таким образом, данные  $C_{max}$ ,  $C_{mid}$  и  $\Delta T$  не являются информативными, по крайней мере, при используемой в данной работе методике измерения признаков. В работе [11] постулируется снижение ошибок идентификации субъектов по клавиатурному почерку на 9% за счет ис-

пользования особенностей работы с мышью совместно с клавиатурным почерком. Можно заключить, что это достигается благодаря применению скоростных характеристик мыши в качестве признаков, также в [11] регистрировалось время задержки перед перемещением курсора к другому элементу интерфейса (в настоящей работе этого не производилось).

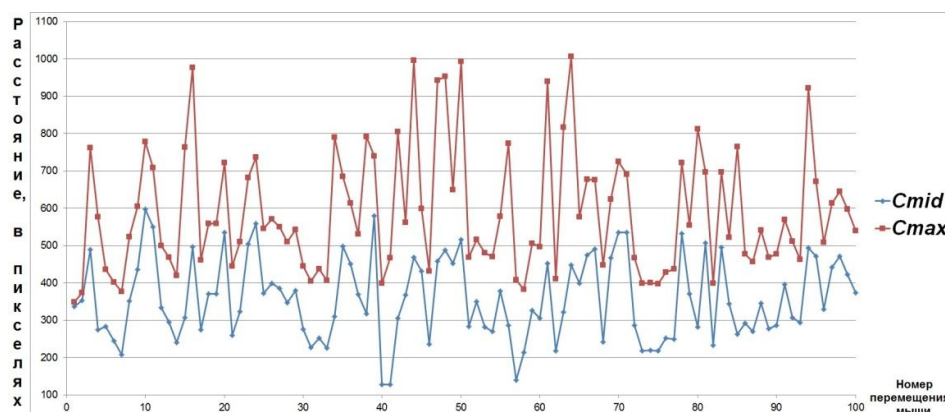


Рис. 2. Значения признаков  $C_{max}$  и  $C_{mid}$  одного из испытуемых

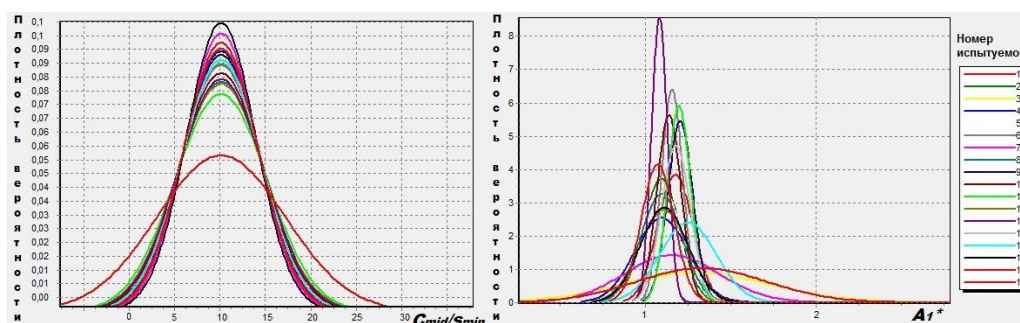


Рис. 3. Распределения неинформативного (слева) и наиболее информативного (справа) из рассматриваемых признаков: плотности вероятности значений  $C_{mid}$ , нормированных по  $S_{min}$ ; плотности вероятности значений амплитуд первой гармоники функции  $V_{mid}(t)$

Анализ амплитудного спектра функций  $V_{mid}(t)$ ,  $x(t)$  и  $y(t)$  показал, что наиболее информативной является амплитуда первой гармоники функции  $V_{mid}(t)$  (см. рис. 3). Решено в качестве признаков использовать только амплитуды первых четырех гармоник указанных функций (с частотами 2, 4, 8 и 16 Гц), т.к. колебания руки испытуемого с большей частотой во время работы с мышью являются шумом.

Таким образом, решено использовать 12 признаков для идентификации, которые вычисляются из координат пути перемещения курсора между каждой парой элементов интерфейса. Корреляция между данными признаками значительно меньше единицы, но как видно из рисунка 3 даже для наиболее информативного признака площади пересече-

ния функций плотностей вероятности значительны, что говорит о том, что признаки мыши малоинформативны [12]. Однако при многократном измерении признаков в процессе совершения пользователем перемещений мышью разделение известных классов все же возможно. Нужно найти алгоритм, который по малым информационным порциям даст интегральную оценку о различии образов пользователей.

**Принятие идентификационных решений и оценка вычислительного эксперимента.** В качестве способа принятия решений решено использовать классическую стратегию Байеса [13], основанную на последовательном применении формулы гипотез Байеса (4). Каждая гипотеза подразумевает, что данные о движениях принадлежат опреде-

ленному пользователю, то есть каждая гипотеза ассоциируется с определенным эталоном. Стратегия Байеса дает несколько меньший процент ошибочных решений в пространстве малоинформативных признаков.

$$P_j(H_i/A) = \frac{P_{j-1}(H_i/A)P(A_j/H_i)}{\sum_{i=1}^n P_{j-1}(H_i/A)P(A_j/H_i)},$$

где  $P_j(H_i/A)$  – апостериорная вероятность  $i$ -ой гипотезы, вычисляемая при поступлении  $j$ -ого признака,  $P(A_j/H_i)$  – условная вероятность  $i$ -ой гипотезы при поступлении  $j$ -ого признака. Таким образом, на каждом шаге за

априорную вероятность принимается апостериорная вероятность, вычисленная на предыдущем шаге. При каждом перемещении курсора измеряются значения признаков и рассчитываются апостериорные вероятности гипотез по формуле (4) за 12 шагов (рис. 4). До осуществления перемещений курсора (на нулевом шаге) все гипотезы равновероятны, то есть,  $P_0(H_i/A) = 1/n$ , где  $n$  – количество гипотез (пользователей). Условные вероятности вычисляются исходя из закона распределения признаков (в данном случае нормально-го), как плотности вероятности поступающих значений признаков.



Рис. 4. Расчет интегральных показателей о различии пользователей в пространстве предложенных признаков на основе стратегии Байеса

Каков предел надежности распознавания в заданном пространстве признаков и сколько перемещений необходимо совершить пользователю для его идентификации? Чем выше данное количество перемещений, тем больше времени потребует для распознавания пользователя на практике.

Для ответа на поставленный вопрос проведен вычислительный эксперимент, в ходе которого имитировался процесс осуществления пользователем перемещений мыши между появляющимися на экране элементами интерфейса. Для этого генерировались значения признаков под имеющиеся эталонные распределения, и производился расчет апостериорных вероятностей на основе стратегии Байеса. Для генерации нормальных случайных величин использовался метод Монте-Карло [14]. Разыгрывание нормальной случайной величины при помощи метода Монте-Карло можно реализовать следующим образом. Известно, что если случайная величина  $R$  распределена равномерно в интервале (0, 1), то ее математическое ожидание и дисперсия соответственно равны [14]:

$$M(R) = 1/2; D(R) = 1/12 \quad (5)$$

Сгенерируем  $g$  независимых случайных величин, распределенных равномерно на интервале (0;1). Вычисляются математическое ожидание и дисперсия суммы этих величин, которые в силу (5) равны  $g/2$  и  $g/12$  соответственно. Таким образом, среднеквадратичное отклонение вычисляется как квадратный корень из  $g/12$ . Далее сумма случайных величин  $R$  нормируется по формуле (6) [14]. В силу центральной предельной теоремы при  $g \rightarrow \infty$  распределение этой нормированной случайной величины стремится к нормальному с параметрами  $M = 0$  и  $S = 1$  (математическим ожиданием и среднеквадратичным отклонением) [14].

$$\frac{\sum_{j=1}^g R_j - (g/2)}{\sqrt{g/12}} \quad (6)$$

Полученные результаты иллюстрируются на рисунке 5.

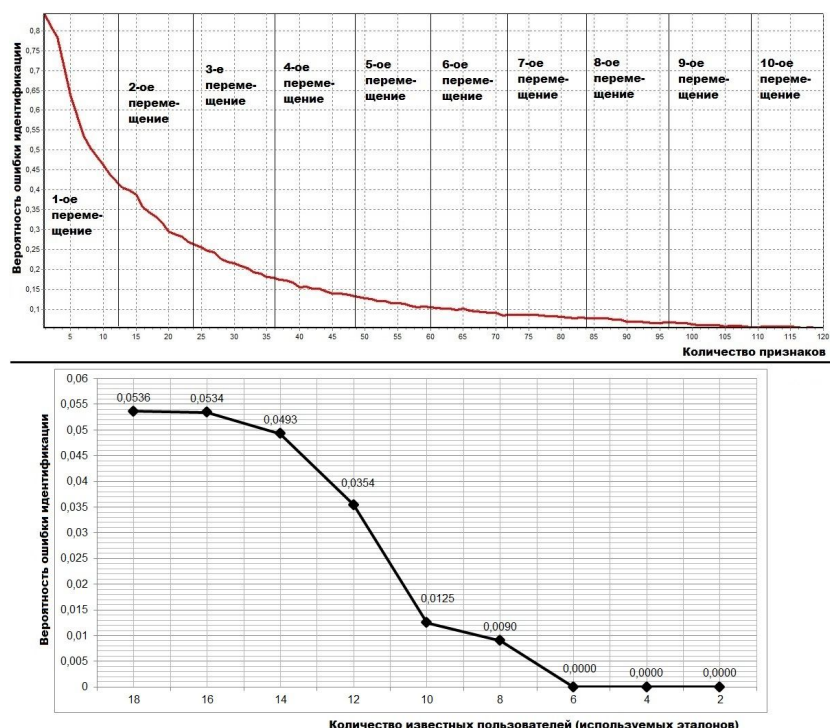


Рис. 5. Результаты эксперимента: вероятность ошибки идентификации 18 пользователей при различном количестве признаков (перемещений) – вверху; вероятность идентификации различного количества пользователей при осуществлении 10 перемещений (120 признаках) – внизу

Имитировалось по 10 перемещений курсора для каждого пользователя, количество имитаций составило 1000 (т.е. было сгенерировано 10000 значений каждого признака для каждого эталона, при этом за одну идентификационную процедуру на вход стратегии Байеса поставлялось по 120 признаков, характеризующих 10 перемещений). Решение о верной гипотезе на каждом шаге принималось по максимальной апостериорной вероятности. За ошибку идентификации принималась ситуация, при которой максимальная вероятность была у неверной гипотезы (рис. 4). Вероятность ошибки в каждом случае (для каждого количества эталонов) рассчитывалась как отношение числа неверных решений к произведению общего количества проведенных имитаций и количества используемых эталонов (см. рис. 5). При максимальном количестве эталонов (в данном исследовании оно составляет 18) после 10 перемещений курсора дальнейшее снижение вероятности ошибки идентификации практически не осуществляется, что свидетельствует о потенциальном пределе надежности распознавания (рис. 5).

#### Заключение

Подводя итоги, можно констатировать, что при количестве известных системе пользователей более 10 и до 20 (среди испытуемых было равное количество представителей

каждого типа темперамента) возможная вероятность правильного распознавания в заданном пространстве признаков превышает 0,95, т.е. сумма ошибок 1-ого и 2-ого рода может быть ниже 5%. При меньшем количестве идентифицируемых образов теоретически возможно осуществить правильное распознавание с вероятностью более 0,99. Однако на практике для достижения указанных показателей количество перемещений курсора между элементами интерфейса потребуется увеличить в несколько раз (как и время на идентификацию), в зависимости от используемого алгоритма принятия решений. Это обусловлено тем, что в задачах идентификации в пространстве малоинформативных признаков часто происходят сбои в измерении признака, вследствие чего на этапе идентификации значение признака может «не попасть» в свое распределение [15]. Поэтому на практике целесообразно использовать модифицированную стратегию Байеса с контролем приращения вероятностей гипотез, описанную в работе [15].

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-37-50269).**

#### Библиографический список

1. Утечки конфиденциальной информации. Предварительные итоги 2014 года. Zecurion Analytics. 2015 г. – Режим доступа:



[http://www.zecurion.ru/upload/iblock/fe3/Zecurion\\_Data\\_leaks\\_2015.pdf](http://www.zecurion.ru/upload/iblock/fe3/Zecurion_Data_leaks_2015.pdf). (дата обращения: 16.03.2015).

2. Глобальное исследование утечек конфиденциальной информации в 2014 году. Аналитический центр InfoWatch. 2015 г. – Режим доступа: [http://www.infowatch.ru/sites/default/files/report/analytcs/russ/InfoWatch\\_global\\_report\\_2014.pdf](http://www.infowatch.ru/sites/default/files/report/analytcs/russ/InfoWatch_global_report_2014.pdf). (дата обращения: 20.03.2015).

3. Диденко С.М. Исследование динамики работы пользователя с манипулятором мышь/ С.М. Диденко, В.А. Шапцев // Математическое и информационное моделирование. – Тюмень: Изд-во Тюм. ун-та, 2004. – С. 295–304.

4. Диденко, С.М. Разработка и исследование компьютерной модели динамики системы «пользователь - мышь»: автореф. дис. ... канд техн. наук: 05.13.19 / С.М. Диденко. – Тюмень, ТюмГУ, 2007. – 18 с.

5. Monika Bhatnagar, Raina K Jain and Nilam S Khairnar. Article: A Survey on Behavioral Biometric Techniques: Mouse vs Keyboard Dynamics // IJCA Proceedings on International Conference on Recent Trends in Engineering and Technology 2013 ICRTET(5), May 2013. – P. 22-25.

6. Jain-Shing Wu, Chih-Ta Lin, Yuh-Jye Lee, Song-Kong Chong. Keystroke and Mouse Movement Profiling for Data Loss Prevention // Journal of Information Science and Engineering, 2015, no 31, P. 23-42.

7. Salil P. Banerjee, Damon L. Woodard. Biometric Authentication and Identification using Keystroke Dynamics: A Survey // Journal of Pattern Recognition Research, 2012, no 7. P. 116-139

8. Margit Antal, László Zsolt Szabó, Izabella László. Keystroke Dynamics on Android Platform // 8th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, INTER-ENG 2014, 9-10 October 2014, Tirgu Mures, Romania. – P. 1-7

9. Раскин, Д. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем / Д. Раскин. – СПб: Символ-плюс, 2010. – 272 с.

10. Еременко А.В.. Разграничение доступа к информации на основе скрытого мониторинга действий пользователей в информационных системах: скрытая идентификация / А.В. Еременко, Е.А. Левитская, А.Е. Сулавко, А.Е. Самотуга // Вестник СибАДИ. – 2014. – № 6(40). – С. 92-102.

11. Сулавко А.Е. Разграничение доступа к информации на основе скрытого мониторинга действий пользователей в информационных системах: портрет нелояльного сотрудника / А.Е. Сулавко, А.В. Еременко, Е.А. Левитская // Известия Трансиба / ОмГУПС. – 2015. – № 1(21). – С. 80-89.

12. Ложников, П.С. Аналитическое исследование проблемы распознавания образов в пространстве малоинформативных признаков / П.С. Ложников, А.Е. Сулавко // Межотраслевая информационная служба. – 2014. – №2 (167). – С.11-18.

13. Епифанцев, Б.Н. Сравнение алгоритмов комплексования признаков в задачах распознавания образов / Б.Н. Епифанцев, П.С. Ложников, А.Е. Сулавко // Вопросы защиты информации ФГУП «ВИМИ». –2012. – № 1. – С. 60-66.

14. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. Пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 2003. – 479 с.

15. Епифанцев, Б.Н. Алгоритм идентификации гипотез в пространстве малоинформативных признаков на основе последовательного применения формулы Байеса / Б.Н. Епифанцев, П.С. Ложников, А.Е. Сулавко // Межотраслевая информационная служба / ФГУП «ВИМИ». – 2013. – № 2. – С. 57-62.

#### THE ASSESMENT OF THE IDENTIFICATION CAPABILITIES OF FEATURES OF THE USER INTERACTS WITH A COMPUTER MOUTH

R.V. Borisov, D.N. Zverev,  
A.Ye. Sulavko, V.Yu. Pisarenko

**Abstract.** This article discusses the problem of Identity Theft Protection from unauthorized access in computer system. The method of user identification by features of user interacts with computer mouse based on a monitoring of subject activities and using Bayesian networks for identification decision making.

**Keywords.** pattern recognition, biometric systems, identification, authentication, intruder, identification features, computer mouse interacts features, keystroke dynamic.

#### References

1. Confidential information leaks. The preliminary results of the 2014. Zecurion Analytics, 2015. Available at : [http://www.zecurion.ru/upload/iblock/fe3/Zecurion\\_Data\\_leaks\\_2015.pdf](http://www.zecurion.ru/upload/iblock/fe3/Zecurion_Data_leaks_2015.pdf). (accessed 16.03.2015).

2. Global data leakage report 2015. InfoWatch analytic center, 2015. Available at: [http://www.infowatch.ru/sites/default/files/report/analytcs/russ/InfoWatch\\_global\\_report\\_2014.pdf](http://www.infowatch.ru/sites/default/files/report/analytcs/russ/InfoWatch_global_report_2014.pdf). (accessed 20.03.2015).

3. Didenko S.M., Shapcev V.A. Issledovanie dinamiki rabo-ty pol'zovatelja s manipuljatorom mysh' [The research of dynamics of user interacts with manipulator the mouse]. *Matematicheskoe i informacionnoe modelirovanie*, Tjumen': Izd-vo Tjum. un-ta, 2004. pp. 295–304.

4. Didenko S.M. Razrabotka i issledovanie komp'juternoj modeli dinamiki sistemy «pol'zovatel' - mysh'»: avtoref. dis. kand tehn. nauk [The development and research of computer model of system “user-mouse” dynamics dis. cand. technical science]. Tjumen', TjumGU, 2007. 18 p.

5. Monika Bhatnagar, Raina K Jain and Nilam S Khairnar. Article: A Survey on Behavioral Biometric Techniques: Mouse vs Keyboard Dynamics // IJCA Proceedings on International Conference on Recent Trends in Engineering and Technology 2013 ICRTET(5), May 2013. pp. 22-25.

6. Jain-Shing Wu, Chih-Ta Lin, Yuh-Jye Lee, Song-Kong Chong. Keystroke and Mouse Movement Profiling for Data Loss Prevention // Journal of Information Science and Engineering, 2015, № 31. pp. 23-42.

7. Salil P. Banerjee, Damon L. Woodard. Biometric Authentication and Identification using Key-

stroke Dynamics: A Survey // Journal of Pattern Recognition Research, 2012, №7. pp. 116-139

8. Margit Antal, László Zsolt Szabó, Izabella László. Keystroke Dynamics on Android Platform // 8th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, INTER-ENG 2014, 9-10 October 2014, Tirgu Mures, Romania. pp. 1-7

9. Raskin D. *Interfejs: novye napravlenija v proektirovanii komp'juternyh sistem* [The interface: new directions in designing of computer systems]. St. Petersburg, Simvolpljus, 2010. 272 p.

10. Eremenko A.V., Levitskaja A.E., Sulavko A.E. Samotuga Razgranichenie dostupa k informacii na osnove skrytogo monitoringa dejstvij pol'zovatelej v informacionnyh sistemah: skrytaja identifikacija [Access control to information on the basis of hidden monitoring user activity in information systems: hidden identification]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 6(40). pp. 92-102.

11. Sulavko A.E., Eremenko A.V., Levitskaja E.A. Razgranichenie dostupa k in-formacii na osnove skrytogo monitoringa dejstvij pol'zovatelej v informacionnyh sistemah: portret neloyal'nogo sotrudnika [Access control to information on the basis of hidden monitoring user activity in information systems: Portrait of a disloyal employee]. *Izvestija Transiba*, 2015, no 1(21). pp. 80-89.

12. Lozhnikov P.S., Sulavko A.E. Analiticheskoe issledovanie problemy raspoznavanija obrazov v prostranstve maloinformativnyh priznakov [Analytical research of problems of pattern recognition in space of uninformative signs]. *Mezhotraslevaja informacionnaja sluzhba*, 2014, no 2 (167). pp.11-18.

13. Epifancev B.N., Lozhnikov P.S., Sulavko A.E. Sravnenie algoritmov kom-pleksirovanija priznakov v zadachah raspoznavanija obrazov [Comparison of algorithms of sings complexing in image recognition problems]. *Voprosy zashhity informacii FGUP «VIMI»*, 2012, no 1. pp. 60-66.

14. Gmurman V.E. *Teorija verojatnostej i matematicheskaja statistika* [Probability theory and mathematical statistics]. Moscow, Vyssh. shk., 2003. 479 p.

15. Epifancev B.N., Lozhnikov P.S., Sulavko A.E. Algoritm identifikacii gipotez v prostranstve maloinformativnyh pri-znakov na osnove

posledovatel'nogo primenenija formuly Bajesa [An algorithm of hypotheses identification in an uninformative attribute space based on consistent bayes' law]. *Mezhotraslevaja informacionnaja sluzhba*, 2013, no 2. pp. 57-62.

*Борисов Роман Владимирович (Россия, Омск) – инженер-программист ООО "Люксофт Профешнл", Филиал ООО "Люксофт Профешнл" в городе Омск (644010, г.Омск, Учебная 83, к.1, e-mail: brv1986@yandex.ru).*

*Зверев Дмитрий Николаевич (Россия, Москва) – инженер-программист ООО «Интрокод» (127083, г. Москва, ул. Масловка Верхняя, д.20, строение 1).*

*Сулавко Алексей Евгеньевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, научный сотрудник кафедры комплексной защиты информации ФГБОУ ВПО ОмГТУ (644050, г. Омск, пр-кт Мира, 11, e-mail: sulavich@mail.ru).*

*Писаренко Виктор Юрьевич (Омск, Россия) – студент ФГБОУ ВПО ОмГТУ (644050, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: j-e-d-y@mail.ru).*

*Roman V. Borisov (Russian Federation, Omsk) – engineer-programmer "Luxoft Professional" (644010, Omsk, Uchebnaya 83, b.1, e-mail: brv1986@yandex.ru).*

*Dmitriy Nikolaevich Zverev (Russian Federation, Moscow) – software engineer LLC "Introkod" (127083, Moscow, st. Maslivka top, d.20, Building 1).*

*Sulavko Alexey Borisov (Russian Federation, Omsk) – candidate technical sciences, Omsk State Technical University (OmSTU) (644050, Omsk, Prospect Mira, 11, e-mail: sulavich@mail.ru).*

*Pisarenko Viktor Yurievich (Russian Federation, Omsk) – student of Omsk State Technical University (OmSTU) (644046, Omsk, pr. Mira, 11, e-mail: j-e-d-y@mail.ru).*

УДК 621.926

## ОБОБЩЕННАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА БАКА ОТСТОЙНИКА ДЛЯ СИСТЕМЫ СМАЗКИ ДРОБИЛЬНО-РАЗМОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

С.В. Корнеев, Я.В. Ярмович, В.Н. Кузнецова

Омский государственный технический университет (ОмГТУ), Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема сокращения затрат при эксплуатации дробильно-размольного оборудования (ДРО), связанная с большим расходом смазочного материала, так как объем систем смазки ДРО может составлять до 60 м<sup>3</sup>. Для сокращения расходов связанных с заменой смазочного материала в системе смазки ДРО, необходимо создать такой бак, в котором процесс очистки смазочного материала проходил бы постоянно, и в узел трения поступало масло необходимой чистоты. Для этого необходимо установить в бак системы смазки переливную перегородку, тем самым разделив его на две части, на отстойник и сам бак. В настоящее время нет обоснованной методики установки переливной перегородки, обычно ее устанавливают посередине бака. В данной статье предлагается обобщенная методика расчета бака

отстойника. Благодаря ей возможно выбрать место установки переливной перегородки в соответствии с конкретными условиями эксплуатации.

**Ключевые слова:** дробильно-размольное оборудование, система смазки, смазочный материал, осаждение частиц, ресурс оборудования.

### Введение

При эксплуатации дробильно-размольного оборудования (ДРО) наблюдается весьма большой расход масел. У данного вида оборудования встречаются системы смазки ёмкостью до 60 м<sup>3</sup>. Смазочные системы ДРО обеспечивают работоспособность подшипников скольжения типа баббит-сталь. Эти подшипники являются несущими, на них приходится воздействие от веса оборудования и обрабатываемого сырья, а так же реакции от динамического воздействия на обрабатываемый материал. Ресурс подшипников редко превышает 9000 ч [1]. В результате ежегодно проводятся ремонтные работы с длительной остановкой оборудования, что отражается на объеме выпускаемой продукции. Интенсивное насыщение смазочного материала механическими примесями происходит от обрабатываемого сырья, из-за негерметичности систем смазки, и продуктами изнашивания, что приводит к повышению загрязненности масла до 6 % [2]. Поддержание оптимального низкого уровня загрязнений в масле, осуществляемое путем замен менее рационально, чем своевременная очистка масла от механических примесей и их замена по фактическому состоянию, а для этого следует создавать необходимую информационно-методическую базу. Ещё более целесообразно создавать такие системы, в которых процесс удаления механических примесей происходил бы постоянно, а для смазывания узлов трения поступало очищенное масло [3].

В качестве смазочного материала для узлов трения ДРО используются промышленные масла И-40 (ГОСТ 20799-88 68), И-50 (ГОСТ 20799-88 100). Но для таких узлов трения, где не требуется высокий уровень промышленной чистоты в качестве смазочных материалов можно использовать и отработанные масла и смеси масел [4]. Поддержание чистоты масел на необходимом уровне, в том числе внедрение самоочищающихся систем смазки, использование отработанных очищенных масел в место промышленных позволяет снизить затраты на эксплуатацию ДРО, утилизацию отработанных масел, сократить потребление смазочных материалов и увеличить ресурс узлов трения [5].

Для этого была создана обобщенная методика расчета бака-отстойника, в котором

будет проходить процесс осаждения частиц под действием силы тяжести и в узел трения будет подаваться очищенное масло. Цель методики - создание расчета, который позволит, говорит об установке переливной перегородки обоснованно. Фактически бак будет разделен на две части: на отстойник, в котором будет происходить осаждение грубых частиц, и на сам бак.

### Методика расчета бака-отстойника для системы смазки ДРО

Для того чтобы бак-отстойник выполнял свои функции необходимо, чтобы в нем осаждались частицы большего диаметра, чем толщина масляной пленки в подшипниках скольжения ДРО [6]. Расчет масляных пленок не проводился, так как толщина пленки зависит от многих конкретных факторов связанных с конструкцией оборудования. Как видно из литературы толщина может составлять от 20 мкм до и 2 мм [7]. Расчет будет ориентирован на получение результатов связанных с минимальными значениями толщин пленок.

В расчете были приняты некоторые допущения: 1 - Режим движения жидкости ламинарный; 2 - Жидкость однородная; 3 - Частицы сферической формы.

Как известно уравнение Стокса для Ламинарного режима [8]:

$$W_{oc} = \frac{d^2(\rho_{ч} - \rho_{ж})g}{18\mu}. \quad (1)$$

Поступающая в отстойник жидкость движется горизонтально со средней скоростью  $v$ . Частицы под действием силы тяжести движутся с постоянной скоростью  $W_{oc}$  к днищу и одновременно вместе с жидкостью вдоль отстойника со скоростью  $v$ . Время нахождения жидкости в отстойнике равно отношению длины его пути к скорости движения, и составляет:

$$\tau_{н} = l/v. \quad (2)$$

Продолжительность осаждения частицы на дно отстойника в случае, когда частица начала свой путь от поверхности жидкости, равна

$$\tau_{oc} = h/W_{oc}. \quad (3)$$

Если  $\tau_{oc} \leq \tau_{н}$ , то частица осядет; в противном случае жидкость унесет ее с собой. В

предельном случае (при  $\tau_n = \tau_{oc}$ ) получаем, что

$$l/v = h/W_{oc} \quad (4)$$

При заданных размерах отстойника  $l$  - длине,  $h$  - высоте,  $b$  - ширине, можно найти допустимую максимальную скорость движения жидкости, при которой твердые частицы осядут на дно отстойника:

$$v = W_{oc} \frac{l}{h} \quad (5)$$

Объемный расход жидкости  $V$ , прошедшей через отстойник за 1 секунду равен произведению скорости потока на площадь его поперечного сечения  $S$ :

$$V = Sv = bhv \quad (6)$$

Подставляя выражение скорости потока  $v$  из предыдущего равенства, получаем

$$V = bhW_{oc} \frac{l}{h} = blW_{oc} = FW_{oc}, \text{ т.е. кроме скорости}$$

осаждения производительность отстойника определяется только его площадью в плане  $F$ .

Для того чтобы определить какие частицы будут осаждаться в отстойнике, а какие нет необходимо определить толщину потока, который создается насосом подающим масло в подшипники скольжения. В качестве допущения мы принимаем, что данный поток постоянный и не изменяется. Процессы, связанные с теплообменом и перемешиванием опускаются. Принимается, что поток имеет определенную геометрическую форму.

Поток движущейся жидкости по объему приравниваем объемной подачи насоса. В технической литературе к ДРО указывается, что система смазки должна обеспечивать подачу масла не менее 50 л/мин, что соответствует объемной подачи насоса НШ 32. В связи с этим в расчетах будут использоваться значения объемной подачи шестеренчатого насоса НШ 32. Из технических характеристик насоса видно, что объемная подача и объем потока будет составлять 1200 см<sup>3</sup>/с.

В гидравлических расчетах бака смазочной системы используют соотношение, при котором длина бака  $l=3b$ , где  $b$  это ширина бака, а высота бака  $h=2b$ . Смысл этого заключается в том, что при определенных размерах площадки, где будет установлен бак-отстойник, всегда можно установить бак соответствующий условиям смазочной системы.

Объемная подача есть не что иное, как количество жидкости, проходящее за единицу времени, таким образом, мы можем представить ее в виде

$$V = \frac{lbh}{t} \quad (7)$$

Временем зададимся равным 1 секунде, а ширину бака примем равной 1 м, и подставив известные значения получим,

$$V = \frac{3bbh}{t} = \frac{3hb^2}{t} \quad (8)$$

Отсюда мы можем выразить толщину потока масла, который создает насос,

$$h = \frac{Vt}{3b^2} \quad (9)$$

Таким образом, зная объемную подачу, мы можем определить толщину потока. Толщина потока составляет 400 мкм. Зная толщину потока и в дальнейшем определив скорость осаждения частиц, мы сможем установить, какие частицы будут выходить из движущегося потока и оседать в отстойнике, тем самым мы узнаем, какие частицы не будут влиять на износ подшипников скольжения.

Для конкретных условий мы будем определять скорость осаждения частиц с различным диаметром по формуле (1). Зная значения плотности и динамической вязкости масла, необходимо определиться с плотностью обрабатываемого материала. При расчете конкретных значений для определенных баков, используемых на производстве, необходимо учитывать именно плотность обрабатываемого материала. В данном расчете мы зададимся средней плотностью обрабатываемых материалов 2100 кг/м<sup>3</sup>.

Теперь имея значения плотностей масла и обрабатываемого материала, а также значение динамической вязкости масла, мы можем рассчитать значение скорости осаждения частиц с различным диаметром. Зададимся минимальным значением частиц равным 0,5 мкм, а максимальным 100 мкм, так как 0,5 мкм соответствует нижнему значению тонких частиц, а 100 мкм соответствует верхнему значению частиц. Таким образом, если данные частицы будут оседать в баке-отстойнике при конкретных условиях, то и все остальные частицы большего размера, будут также оседать в баке и не повлияют на работу подшипников скольжения.

В результате расчетов были получены значения и построен график, рисунок 1.

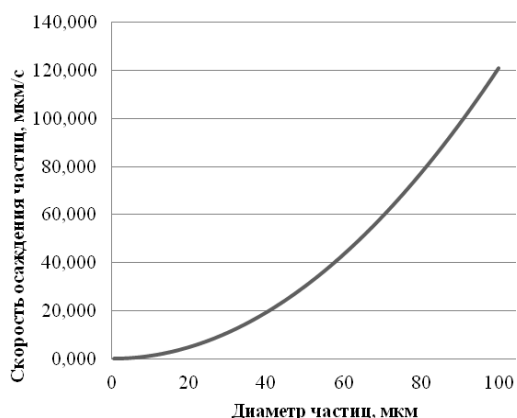


Рис. 1. Зависимость скорости осаждения частиц в масле И-40А от размера частиц

Теперь зная скорость осаждения различных частиц и толщину потока, можно определить за какое время, какие частицы выйдут из движущегося потока. В результате был построен график зависимости времени выхода частицы из потока от размера частицы, рисунок 2. Участок, который нас интересует, составляет от 5 до 50 мкм.

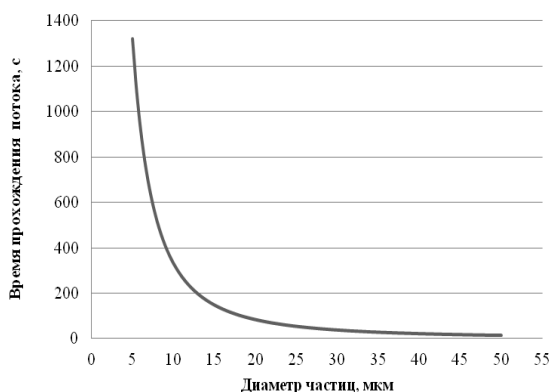


Рис. 2. Зависимость времени прохождения потока от размера частиц

Зная время осаждения частиц различных диаметров и время прохождения движущегося потока равного 400 мкм, мы можем определить необходимую скорость движения потока, при которой частицы будут проходить движущийся поток и оставаться в баке-отстойнике. При заданных размерах отстойника  $l$ ,  $h$ ,  $b$  можно найти допустимую максимальную скорость движения жидкости, при которой твердые частицы осядут на дно отстойника, в соответствии с формулой 5.

Зададимся постоянной скоростью осаждения, соответствующей скорости осаждения частицы диаметром 20 мкм, что определяется минимальной толщиной масляного слоя. Если обеспечить условия для осаждения

данных частиц в баке-отстойнике, мы предотвратим взаимодействие абразивных частиц с поверхностью вала и подшипника скольжения. Определяя необходимую скорость потока, зададимся не только расстоянием 3 м, соответствующие длине рассматриваемого бака, но и определим, необходимы скорости потоков и при меньших значениях длин.

Имея скорости потока, можно рассчитать время, за которое частицы достигнут заданного нами расстояния, на котором будет расположена переливная перегородка. Определив это время, можно определить, какие частицы будут гарантированно осаждаться, пройдя данный отрезок. Процесс вычисления состоит из деления расстояния до переливной перегородки на скорость потока, которая соответствует длине бака. Все вычисления произведены в программе Microsoft Office Excel. Из полученных результатов составим гистограммы, на которых наглядно будет видно зависимости скорости потока, размера частиц и места установки переливной перегородки.

**Заключение**

По данным диаграммам, приведенным на рисунках 3, 4, 5, можно оценить, частицы какого размера будут выходить из движущегося потока масла, при заданной скорости этого потока. Таким образом, можно оценивать, на какое расстояние необходимо устанавливать переливную перегородку при определенной скорости потока, чтобы обеспечить осаждения частиц необходимого размера и предотвратить износ материалов вала и подшипника скольжения, что в свою очередь повлияет на увеличение ресурса оборудования и сокращение затрат при эксплуатации дробильно-размольного оборудования.

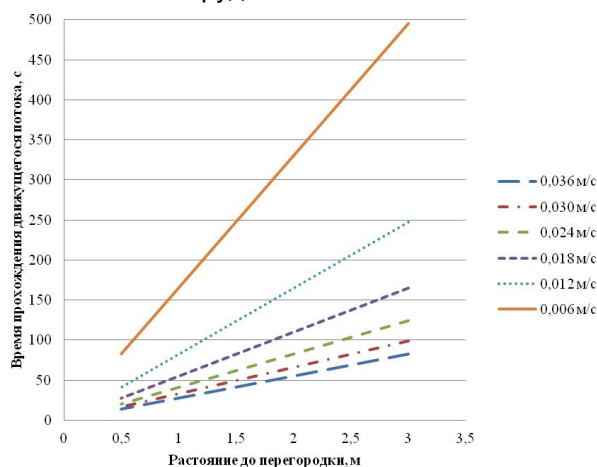


Рис. 3. Зависимость времени прохождения потока от расстояния до перегородки при определенной скорости потока в масле И-40

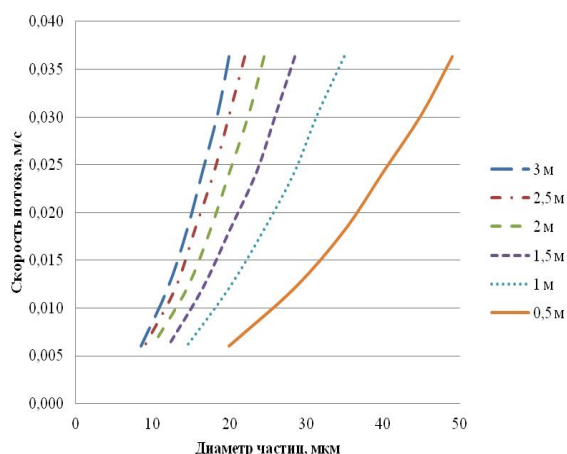


Рис. 4. Зависимость диаметра осаждаемых частиц от скорости потока для масла И-40

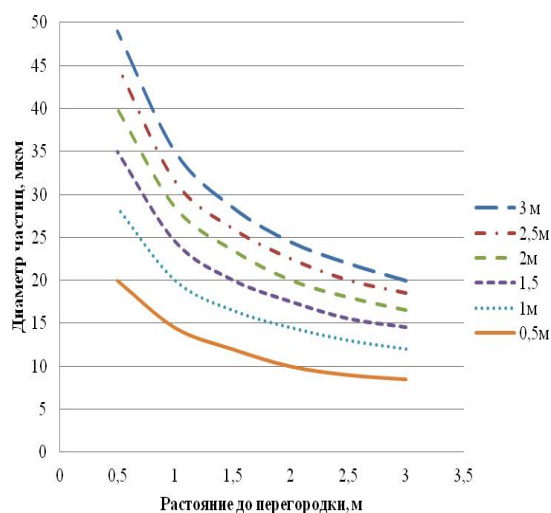


Рис. 5. Зависимость размера осажденных частиц от расстояния до переливной перегородки

**Библиографический список**

1. Иванов, В.Ф. Дробильно-сортировочное оборудование / В.Ф. Иванов. – Красноярск: Красноярский политехнический ин-т, 1966 – Ч. 1: Оборудование для дробления каменных материалов. – 1966. – 135 с.: ил.
2. Корнеев, С.В. О критерии предельного состояния смазочного материала для пары трения баббит-сталь / С.В. Корнеев, В.Б. Лагунов, Б.Х. Мичник, А.И. Шачин, Л.И. Данилов, Ф.И. Свечникова // Трение и износ. – Минск: Наука и техника. – Т. 7. – 1986. – №2. – С.342-346.
3. Корнеев, С.В. О предельном состоянии масел для дробильно-размольного оборудования / С.В. Корнеев, Я.В. Ярмович // Тяжёлое машиностроение. – 2005. – № 6. – С. 40-41.
4. Корнеев, С.В. Рекомендации по применению смазочных материалов, оборудования и рациональному использованию смазочных материалов на предприятиях цветной металлургии / С.В. Корнеев, Л.И. Данилов, Ф.И. Свечникова, А.В. Ка-

данцев, А.В. Ножненко; под ред. В. Б. Лагунова. – М.: Металлургия, 1988. – 192 с.

5. Ярмович, Я.В. Способы экономии индустриальных масел в системах смазки дробильно-размольного оборудования / Я.В. Ярмович // Труды аспирантов и студентов ГОУ «СибАДИ»: сборник трудов. Вып. 8 – Омск, 2011. – С. 235-240.

6. Коновалов, В.М. Очистка рабочих жидкостей в гидроприводах станков / В.М. Коновалов, В.Я. Скрицкий, В.А. Рокшевский. – М: Машиностроение, 1976. – 288 с.

7. Квитницкий, Е.И. Расчет опорных подшипников скольжения: справочник / Е.И. Квитницкий, Н.Ф. Киркач, Ю.Д. Полтавский, А.Ф. Савин. – М.: Машиностроение, 1979. – 70с., ил.

8. Скобло, А.И. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии: Учебник для вузов / А.И. Скобло, Ю.К. Молоканов, А.И. Владимиров, В.А. Щелкунов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2000. – 677 с: ил.

**THE GENERALIZED METHOD OF CALCULATION OF THE TANK OF THE SETTLER FOR THE EQUIPMENT CRUSHING AND RAZMOLNY LUBRICATION SYSTEM**

S. V. Korneev, Ya.V. Yarmovich, V.N. Kuznetsova

**Abstract.** This article addresses the problem of reducing costs in the operation of crushing and milling equipment, associated with high consumption of lubricant, as the volume of lubrication systems of crushing and milling equipment can be up to 60 m<sup>3</sup>. To reduce the costs associated with the replacement of the lubricant in the lubrication system of grinding equipment, is necessary to create a tank in which the cleaning process of the lubricant would pass the time, and friction unit received the necessary oil purity. For this it is necessary to install a tank weir lubrication system, thereby dividing it into two parts, into the sump tank itself. Currently, there is no reasonable method of installing weir, it is usually set in the middle of the tank. In this paper we propose a generalized method of calculation of the tank sump. Thanks to it is possible to choose the place of installation weir in accordance with the specific operating conditions.

**Keywords:** crushing and grinding machinery, lubrication system, lubricant deposition of particles, the life of equipment.

**References**

1. Ivanov V.F. *Drobil'nosortirovochnoe oborudovanie* [Crushing and Screening Equipment]. Krasnojarsk: Krasnojarskij politehnicheskij in-t, 1966 – Ch. 1: Obo-rudovanie dlja droblenija kamennyh materialov. 1966. 135 p.
2. Korneev S.V., Lagunov V.B., Michnik B.H., Shachin A.I., Danilov L.I., Svechnikova F.I. O kriterii predel'nogo so-stojanija smazochnogo materiala dlja pary trenija babbitt-stal' [On criteria for the limit state of the lubricant for friction pairs steel-babbitt]. *Trenie i iznos, Minsk: Nauka i tehnika*, T. 7, 1986, no 2. pp.342-346.

3. Korneev S.V., Jarmovich Ja.V. O predel'nom sostojanii ma-sel dlja drobil'no-razmol'nogo oborudovanija [The limiting state oil for crushing and milling equipment]. *Tjashjoloe mashinostroenie*, 2005, no 6. pp. 40-41.

4. Korneev S.V., Danilov L.I., Svechnikova F.I., Kadancev A.V., Nozhnenko A.V. Rekomendacii po primeneniju smazocznyh materialov, oborudovanija i racional'nomu ispol'zovaniju smazocznyh materia-lov na predpriyatijah cvetnoj metallurgii [Nozhnenko Advice on applications of materials, equipment and rational use of lubricants in non-ferrous metallurgy]. Moscow, Metallurgija, 1988. 192 p.

5. Jarmovich Ja.V. Sposoby jekonomii industrial'nyh masel v sistemah smazki drobil'no-razmol'nogo oborudovanija [Methods for saving industrial oils in the lubrication systems of grinding equipment]. *Trudy aspirantov i studentov GOU «SibADI»: sbornik trudov*. Vyp. 8 Omsk, 2011. pp. 235-240.

6. Konovalov V.M., Skrickij V.Ja., Rokshevskij V.A. *Ochistka raboczih zhidko-stej v gidroprivodah stankov* [Cleaning of working fluids in hydraulic machines]. Moscow, Mashinostroenie, 1976. p. 288.

7. Kvitnickij E.I., Kirkach N.F., Poltavskij Ju.D., Savin A.F. *Raschet opornyh podship-nikov skol'zhenija: sparvochnik* [Calculation of the sliding bearings]. Moscow, Mashinostroenie, 1979. 70 p.

8. Skoblo A.I., Molokanov Ju.K., Vladimirov A.I., Shhelkunov V.A. *Processy i apparaty neftegazopererabotki i neftehimii* [Processes and devices of refined and petrochemical products]. Moscow, OOO Nedra-Biznescentr, 2000. 677 p.

*Корнеев Сергей Васильевич (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Нефтехимические технологии и оборудование» Нефтехимический институт, Омский государственный технический университет (ОМГТУ) (644050, Омск, ул. Мира, 11, e-mail: Nhi@omgtu.ru).*

*Ярмович Ярослав Владимирович (Россия, г. Омск) – ассистент, Омский государственный технический университет, Нефтехимический институт, кафедра Химическая технология и биотехнология, (644050, Омск, ул. Мира, 11, e-mail: Nhi@omgtu.ru).*

*Кузнецова Виктория Николаевна (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, ул. Мира, 5, e-mail: dissovetsibadi@bk.ru).*

*Korneev Sergei Vasilievich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Petrochemical technology and equipment" of Petrochemical Institute, Omsk State Technical University (OmSTU) (644050, Omsk, Mira St., 11, e-mail: nimlor87@gmail.com).*

*Jarmovich Yaroslav Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) –assistant, Omsk state technical university, Petrochemical institute, chair Chemical technology and biotechnology, (644050, Omsk, Mira St., 11, e-mail: Nhi@omgtu.ru).*

*Kuznetsova Viktoria Nikolaevna (Russian Federation, Omsk) – Doctor of technical sciences, professor of the Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI). (644080 Russia, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: dissovetsibadi@bk.ru)*

УДК 621.879

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЛОЖНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ВОЗМУЩАЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ – МАШИНА – ОПЕРАТОР»

П.А. Корчагин, И.А. Тетерина  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В статье описывается математическая модель динамической системы «возмущающие воздействия – машина – оператор». Представлена расчетная схема дорожной уборочно-подметальной машины (ДУПМ) на базе МТЗ-80. Проведена методика формирования уравнений динамики для сложной динамической системы «возмущающие воздействия – ДУПМ – оператор». Также в статье отражены расчетные зависимости позволяющие определить возмущающие воздействия со стороны микрорельефа, силовой установки и щеточного рабочего органа.

**Ключевые слова:** математическая модель, дорожная уборочно-подметальная машина, вибразащита.

### Введение

В городском и коммунальном хозяйствах для выполнения целого спектра работ, в частности, работ по очистке территорий от смета, льда и снега используются дорожные уборочно-подметальные машины, смонтирован-

ные на базе тракторов МТЗ-80. Прочно зарекомендовавшие себя на рынке коммунальной техники, эти машины, как правило, обеспечивают безопасные условия труда для операторов, предусмотренные санитарными нормами. Но международные стандарты, дейст-

вующие на сегодняшний день, требуют достижения максимально низкого уровня вибрационных воздействий на рабочее место оператора. От того, насколько обеспечены комфортные условия труда для оператора ДУПМ, зависят качество и скорость выполняемых работ. Составление математической модели машины необходимо в случае выработки научно обоснованных рекомендаций по

определению параметров системы виброзащиты оператора ДУПМ.

#### Моделирование динамической системы

Обобщенная расчетная схема динамической системы «ДУПМ-оператор» (рис.1.) представляет собой систему с шестью массами, звеньями которой выступают базовый трактор, кабина трактора, оператор, стрела погрузчика, ковш погрузчика, щеточный рабочий орган.

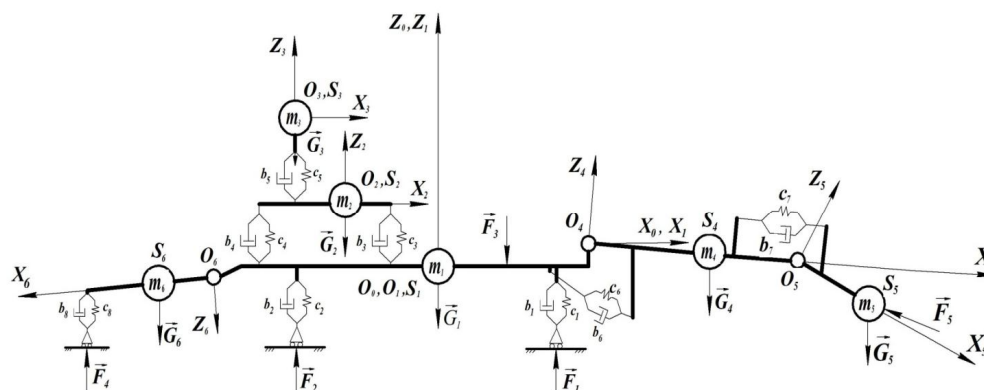


Рис. 1. Плоская расчетная схема динамической системы ДУПМ

Для описания динамической системы была принята правая система координат  $O_0X_0Z_0$ . В состоянии покоя начало системы координат – точка  $O_0$  – совпадает с точкой  $O_1$ . Координаты точки  $O_1$  заданы в локальной системе координат  $O_1X_1Z_1$ , которая связана с рамой ДУПМ. Направление оси  $O_1 X_1$  совпадает с направлением движения, ось  $O_1 Z_1$  направлена вертикально вверх. Для описания ДУПМ в пространстве были использованы 6 локальных систем координат, которые соответствуют числу сосредоточенных масс. Положения элементов системы в пространстве определяют 8 обобщенных координат  $q_j$  [1].

При составлении математической модели ДУПМ как сложной динамической системы было принято ряд допущений [2]: ДУПМ правомерно представить как пространственный шарнирно сочлененный многозвенник с наложенными на него упруговязкими связями; связи, наложенные на колебательную систему ДУПМ - являются стационарными и голономными; элементы ходового оборудования ДУПМ имеют постоянный контакт с грунтом; все звенья расчётной схемы представлены как абсолютно жесткие стержни с сосредоточенными массами; люфты в шарнирах отсутствуют; силы сухого трения в гидроцилиндрах отсутствуют.

Динамические связи, наложенные на звенья системы, характеризуются коэффициентами жесткости  $C$  и коэффициентом вязкого трения  $b$ .

Точки центров масс  $S_i$  совпадают с точками  $m_i$ . В точках центров масс приложены силы тяжести, обозначенные на схеме векторами  $\vec{G}_i$ . На элементы ходового оборудования действуют силы  $\vec{F}_r$  ( $r=1,2$ ). Сила, действующая со стороны ДВС, представлена на расчетной схеме  $\vec{F}_r$  ( $r=3$ ). Реакция от взаимодействия щеточного рабочего органа с обрабатываемой средой представлена силой  $\vec{F}_r$  ( $r=4$ ). Реакция от взаимодействия ковша погрузчика с обрабатываемой средой представлена силой  $\vec{F}_r$  ( $r=5$ ).

При составлении математической модели динамической системы ДУПМ необходимо описать положение элементов в пространстве. Для решения этой задачи был выбран метод однородных координат, который позволяет описывать сложные шарнирно сочлененные схемы и определить любую точку, заданную в системе координат  $O_iX_iZ_i$  вектором  $R_i$ , представив ее в системе координат  $O_{i-1}X_{i-1}Z_{i-1}$  векто-



ром  $R_{i-1}$ . Уравнение перехода из одной системы координат в другую будет иметь вид [3]:

$$R_{i-1} = A_i R_i,$$

где  $A_i$  – блочная матрица размером  $3 \times 3$ , состоящая из матриц поворота, перемещения и вращения осей координат.

Выражения скоростей элементов системы получены в результате дифференцирования уравнений геометрических связей. Сформированные таким образом уравнения кинематики позволяют определить положение, скорость и ускорение элементов в определенный момент времени как в локальной, так и инерциальной системе координат.

Гидроцилиндры и звенья расчетной схемы образуют четырехзвенный механизм, который может быть представлен четырьмя

векторами:  $\vec{R}_{0i}$ , соединяет начала  $i$  и  $i$ -н локальных систем координат;  $\vec{R}_{Bu}$ ,  $\vec{R}_{Hu}$  соединяют начала локальных систем координат с точками упруговязкого элемента;  $\vec{R}_u$ , соединяет концы упруговязкого элемента.

Вектор  $\vec{R}_u$  может быть получен следующим образом:

$$\vec{R}_u = \vec{R}_{0i} + \vec{R}_{Bu} - \vec{R}_{Hu}.$$

Вектор подвижного конца упруговязкого элемента необходимо перевести в систему координат неподвижного конца [3].

$$\vec{R}_u = \Gamma_u \cdot \vec{R}_{Bu} - \vec{R}_{Hu},$$

где  $\Gamma_u$  – матрица перехода из системы координат  $i$  подвижного конца упруговязкого элемента в систему координат  $i$ -н неподвижного конца;  $\vec{R}_{Bu}$  – вектор точки координат подвижного конца упруговязкого элемента в системе координат  $i$ ,  $\vec{R}_{Hu}$  – вектор точки координат неподвижного конца упруговязкого элемента в системе координат  $i$ ,  $u$  – номер упруговязкого элемента.

Линеаризация полученных выражений, проведенная методом Тейлора, дала возможность получить уравнения подвижных концов упруговязких элементов [3]:

$$\vec{R}_{Bu} = \sum_{j=1}^{\ell} M_{uj} \cdot q_j \cdot \vec{R}_u;$$

$$M_{uj} = \frac{\partial \Gamma_u}{\partial q_j}.$$

Полученные уравнения геометрических связей позволяют составить уравнения динамики системы «ДУПМ – оператор». Для этого используется метод уравнений Лагранжа второго рода. Уравнения движения будут иметь вид [3]

$$\frac{d}{dt} \left[ \frac{\partial K}{\partial \dot{q}_j} \right] - \frac{\partial K}{\partial q_j} + \frac{\partial P}{\partial q_j} + \frac{\partial \Phi}{\partial q_j} = Q_j.$$

Кинетическая энергия системы может определяться как сумма кинетических энергий всех подвижных звеньев системы, обладающих инерционными свойствами [2]:

$$K = \sum_{i=1}^k K_i.$$

Представив каждое звено как совокупность множества точек с координатами  $\vec{R}_i$ , заданными в локальной системе координат, и имеющими бесконечно малую массу  $dm$ , определим кинематическую энергию звена по формуле [3]

$$dK_i = \frac{1}{2} \left| \dot{\vec{R}}_{oi} \right|^2 \cdot dm.$$

С учетом выражения

$$\left| \dot{\vec{R}}_{oi} \right|^2 = tr \left[ \dot{\vec{R}}_{oi} \cdot \dot{\vec{R}}_{oi}^T \right],$$

получим

$$dK_i = \frac{1}{2} \cdot tr \left[ V_i \cdot \dot{\vec{R}}_i \cdot \dot{\vec{R}}_i^T \cdot V_i^T \right] \cdot dm.$$

Полная кинетическая энергия всех звеньев динамической системы будет

$$K = \sum_{i=1}^k \frac{1}{2} \cdot tr \left[ V_i \cdot H_i \cdot V_i^T \right].$$

В результате дифференцирования получим выражение

$$\frac{d}{dt} \left[ \frac{\partial K}{\partial \dot{q}_j} \right] = \sum_{j=1}^{k_j} \sum_{i=1}^{k_i} tr \cdot \left[ U_{ij} \cdot H_i \cdot U_{ij}^T \right] \cdot \ddot{q}_j.$$

Потенциальную энергию системы определим как сумму потенциальных энергий звеньев в поле тяготения  $P_g$  и потенциальной энергии упругих элементов  $P_y$  [1].

$$P = P_y + P_g.$$

Потенциальную энергию в поле сил тяготения  $P_g$  для принятой расчетной схемы можно определить по формуле [4]

$$P_g = \sum_{i=1}^{k_i} m_i \cdot g \cdot G^T \cdot T_i \cdot \vec{R}_i,$$

где  $G = [0 \ 1 \ 1]^T$ ;  $g$  – ускорение свободного падения.

Потенциальную энергию упругих элементов  $P_y$  определим с помощью уравнений Клайперона [4]:

$$P_y = \frac{1}{2} \cdot \sum_{u=1}^n C_u \cdot \lambda_u^2,$$

где  $C_u$  – коэффициент упругости  $u$ -го элемента;  $\lambda_u^2$  – полная деформация  $u$ -го упругого элемента.

$$P_y = \frac{1}{2} \cdot \sum_{u=1}^n C_u |\vec{R}_u|^2.$$

Для принятых выражений  $\vec{R}_0 = T_i + \vec{R}_i$  и  $\vec{R}_{Bu} = \sum_{j=1}^l M_{uj} \cdot q_j \cdot \vec{R}_u$  можно записать

$$P_y = \frac{1}{2} \cdot \sum_{u=1}^n tr[Q_u \cdot N_u \cdot Q_u^T],$$

где  $N_u = C_u \cdot |\vec{R}_u \vec{R}_u^T|$ ;  $Q_u = \sum_{j=1}^l M_{uj} \cdot q_j$ .

Таким образом, уравнение для определения полной потенциальной энергии примет следующий вид [1]:

$$P = \sum_{i=1}^{k_i} m_i \cdot g \cdot G^T \cdot T_i \cdot \vec{R}_i + \frac{1}{2} \cdot \sum_{u=1}^n tr[Q_u \cdot N_u \cdot Q_u^T].$$

В результате его дифференцирования получим [1]:

$$\frac{\partial P}{\partial q_j} = \sum_{i=1}^{k_i} m_i \cdot g \cdot G^T \cdot U_{ij} \cdot \vec{R}_i + \sum_{j=1}^l \sum_{u=1}^n tr[M_{uj} \cdot N_u \cdot M_{uj}^T]$$

Диссипативная функция системы  $\Phi$  представлена в виде функции Релея [4]:

$$\Phi = \frac{1}{2} \cdot \sum_{u=1}^n b_u \cdot \dot{\lambda}_u^2,$$

где  $b_u$  – приведенный коэффициент вязкости  $u$ -го элемента;  $\dot{\lambda}_u$  – скорость деформации  $u$ -го вязкого элемента.

Для принятой расчетной схемы выражение примет следующий вид:

$$\Phi = \frac{1}{2} \cdot \sum_{u=1}^n b_u \cdot |\vec{R}_u|^2 \cdot \vec{R}.$$

В результате дифференцирования это выражение примет вид

$$\frac{\partial \Phi}{\partial q_j} = \sum_{u=1}^n \sum_{i=1}^l tr[W_u \cdot B_u \cdot W_u^T];$$

$$B_u = b_u \cdot |\vec{R}_u \vec{R}_u^T|;$$

$$W_u = \sum_{j=1}^l M_{uj} \cdot q_j.$$

Внешние силы, действующие на рабочий орган и элементы ходового оборудования, представлены в виде вектора-столбца

обобщенных сил  $Q_j$ , действующих по обобщенным координатам. Элементы вектора-столбца определяются по формуле [4].

$$Q_j = \sum_{r=1}^m \sum_{i=1}^l \vec{F}_r \frac{\partial \vec{R}_{0r}}{\partial q_j},$$

где  $\vec{F}_r$  – силы, приложенные к звеньям расчетной силы;  $\vec{R}_{0r}$  – вектор координат точки приложения силы в инерциальной системе координат;  $m=6$ .

Для принятой расчетной схемы получим

$$Q_j = \sum_{r=1}^m \sum_{i=1}^l \vec{F}_r \cdot U_{ij} \cdot \vec{R}_{ir},$$

где  $\vec{R}_{ir}$  – вектор координат точки приложения силы в локальной системе координат.

Для описания возмущающих воздействий на ДУПМ со стороны микрорельефа, силовой установки и рабочих органов используются следующие расчетные зависимости [5].

Определить спектральную плотность дисперсии  $S(\omega_{mk})$  можно, зная корреляционную функцию  $R(\ell_{mk})$  микрорельефа и используя преобразование Фурье [6].

$$R(\ell_{mk}) = 2 \int_0^{\infty} S(\omega_{mk}) \cos(\omega_{mk} \ell_{mk}) d\omega_{mk},$$

$$S(\omega_{mk}) = \frac{1}{\pi} \int R(\ell_{mk}) \cdot \cos(\omega_{mk} \ell_{mk}) d\ell_{mk}.$$

Для дорог с асфальтовым покрытием корреляционная функция  $R(\ell_{mk})$  и спектральная плотность  $S(\omega_{mk})$  будут иметь следующий вид:

$$R(\ell_{mk}) = 0,85 e^{-0,21|\ell|} + 0,15 e^{-0,5|\ell|} \cos 0,6 \ell;$$

$$S(\omega_{mk}) = \frac{0,054 V_{ДУПМ}}{\omega_{mk}^2 + 0,04 V_{ДУПМ}^2} + \frac{0,0024 V_{ДУПМ} (\omega_{mk}^2 + 0,36 V_{ДУПМ}^2)}{(\omega_{mk}^2 + 0,36 V_{ДУПМ}^2)^2 + 0,0036 V_{ДУПМ}^2}.$$

Силовые характеристики одного цилиндра рядного или многорядного двигателя определяются по формуле

$$M_j^\partial(\alpha_j^\partial) = V_u^\partial [p_c^\partial K^\partial(\alpha_j^\partial) + p_i^\partial S^\partial(\alpha_j^\partial)],$$

где  $M_j^\partial(\alpha_j^\partial)$  – вращающийся момент двигателя от газовых сил  $j$ -го цилиндра и функции угла поворота  $j$ -го кривошипа коленчатого вала  $(\alpha_j^\partial)$ ;  $V_u^\partial$  – рабочий объем

цилиндра;  $p_c^\circ, p_i^\circ$  – давление в конце хода сжатия и среднее индикаторное давление рабочего процесса;  $K^\circ(\alpha_j^\circ), S^\circ(\alpha_j^\circ)$  – безразмерные силовые характеристики.

При решении задач динамики силовые характеристики ДВС правомерно представлять в виде рядов Фурье. Компоненты амплитудного  $C_v^\circ$  и  $\psi_v^\circ$  фазового спектров определяются по формулам

$$C_v^\circ = \sqrt{(a_v^\circ)^2 + (b_v^\circ)^2},$$

$$\psi_v^\circ = \arctg(a_v^\circ / b_v^\circ),$$

$$a_v^\circ = \frac{P_i^\circ V_u^\circ}{m^\circ \pi} \cdot \frac{\chi_s^\circ [(\xi_s^\circ)^2 - (v^\circ / m^\circ)^2]}{[\xi_s^\circ + (v^\circ / m^\circ)^2]^2},$$

$$b_v^\circ = \frac{4v^\circ V_u^\circ}{(m^\circ)^2 \pi} \cdot \left( \frac{P_c^\circ \chi_k^\circ \xi_k^\circ}{[\xi_k^\circ + (v^\circ / m^\circ)^2]^2} + \frac{P_i^\circ \chi_s^\circ \xi_s^\circ}{2[\xi_s^\circ + (v^\circ / m^\circ)^2]^2} \right).$$

Для расчета силы прижатия щеточного рабочего органа к поверхности асфальтового покрытия используется формула [6]:

$$P = 5,3 \cdot 10^2 \cdot d \left( \frac{EJ}{l} \right)^2 \cdot h^{\frac{1}{3}} \cdot z_B [1 + 0,18(v_w - 2)] \operatorname{accos} \left( 1 - \frac{h}{R_w} \right),$$

где  $d$  и  $R_w$  – диаметр прутка и радиус щетки, м; для стального ворса  $d = 4 \cdot 10^{-4}$  м, для полимерного ворса  $d = 22 \cdot 10^{-4}$  м;  $l$  – свободная линия прутка, м;  $E$  – модуль упругости материала ворса, Па; для стальной проволоки  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па;  $J$  – осевой момент инерции сечения прутка, м<sup>4</sup>;  $h$  – деформация прутка, м (в зависимости от состояния дорожного покрытия  $h$  принимают в пределах 0,01...0,025 м);  $z_B$  – рабочее число прутков.

Подставив в уравнение Лагранжа второго рода выражения кинетической и потенциальной энергии, диссипативной функции и обобщенных сил, получим систему из 8 дифференциальных уравнений, каждое из которых будет иметь следующий вид [7]:

$$\sum_{j=1}^{k_j} \sum_{i=1}^{k_i} \operatorname{tr} [U_{ij} \cdot H_i \cdot U_{iv}^T] \cdot \ddot{q}_j + \sum_{u=1}^n \sum_{j=1}^l \operatorname{tr} [M_{uj} \cdot B_u \cdot M_{uv}^T] \cdot \dot{q} + \sum_{u=1}^n \sum_{j=1}^l \operatorname{tr} [M_{uj} \cdot N_u \cdot M_{uv}^T] \cdot q + \sum_{i=1}^{k_i} m_i \cdot g \cdot G^T \cdot U_{ij} \cdot \vec{R}_i = \sum_{r=1}^m \sum_{i=1}^l \vec{F}_r \cdot U_{ij} \cdot \vec{R}_{ir}.$$

В векторно-матричной форме полученная система уравнений будет иметь следующий вид [3]:

$$A_q \cdot \ddot{\vec{q}} + B_q \cdot \dot{\vec{q}} + C_q \cdot \vec{q} = \vec{Q},$$

где  $A_q, B_q, C_q$  – матрицы коэффициентов дифференциальных уравнений размером 8x8;  $\ddot{\vec{q}}, \dot{\vec{q}}, \vec{q}$  – матрицы размером 8x1, представляющие малые значения соответственно ускорений, скоростей и обобщенных координат;  $\vec{Q}$  – матрица сил, размером 8x1.

Элементы матриц  $A_q, B_q, C_q$  определяются по формулам [8]:

$$a_{jv} = \sum_{i=1}^{k_i} \operatorname{tr} [U_{ij} \cdot H_i \cdot U_{iv}^T];$$

$$b_{jv} = \sum_{u=1}^n \operatorname{tr} [M_{uj} \cdot B_u \cdot M_{uv}^T];$$

$$c_{jv} = \sum_{u=1}^n \operatorname{tr} [M_{uj} \cdot N_u \cdot M_{uv}^T].$$

### Заключение

Математическая модель сложной динамической системы «возмущающие воздействия–ДУПМ–оператор», представляет собой систему из восьми дифференцированных уравнений II порядка с переменными коэффициентами, которые являются функциями конструктивных параметров и больших значений обобщенных координат. Она с точностью позволяет проводить исследования влияния конструктивных параметров и динамических свойств элементов системы при оказании на нее динамических воздействий.

### Библиографический список

1. Корчагин, П.А. Математическая модель динамической системы / П.А. Корчагин / Вестник СибАДИ. – 2013. – №4(32) – С. 91-95.
2. Зенкевич, С.Л. Управление роботами. Основы управления манипуляционными роботами [Текст]: учебник для вузов / С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 400 с.
3. Снижение динамических воздействий на одноковшовый экскаватор: Монография / В.С. Щербаков, П.А. Корчагин. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2000. – 147 с.
4. Вибрация в технике: справочник. В 6-ти Т. / ред. В.Н. Челомей. Т.6. Защита от вибрации и ударов / Под ред. К.В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1981. – 456 с.
5. Афанасьев, В.Л. Статистические характеристики микропрофилей автомобильных дорог и колебаний автомобиля / В.Л.Афанасьев, А.А. Хачатуров // Автомобильная промышленность. – 1966. – №2. – С. 21-23.

6. Артемьев, К.А. Дорожные машины: в 2 частях. Ч II. Машины для устройства дорожных покрытий. Учебник для вузов / А.К. Артемьев, Т.В. Алексеева, В.Г. Белокрылов и др. – М.: Машиностроение, 1982. –396 с.

7. Пол, Р. Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота-манипулятора: пер. с англ. / Р. Пол. – М.: Наука, 1976. – 104 с.

8. Робототехника и гибкие автоматизированные производства: в 6 т. Т. 5. Моделирование робототехнических систем и гибких автоматизированных производств /под ред. И.М. Макарова. – М.: Высш. шк., 1986.– 175 с.

#### ATHEMATICAL MODEL OF THE COMPLEX DYNAMIC SYSTEM "PERTURBATION INFLUENCES-MACHINE- OPERATOR"

P.A. Korchagin, I.A. Teterina

Abstract. The authors describe a mathematical model of the dynamic system "perturbation influences-machine- operator". There is presented a design scheme of a road sweeping machine (RSM) on the basis of MTZ-80. There is carried out a method of forming dynamic equation for complex dynamic systems "perturbation influences-machine- operator". Also the article reflects calculation dependences for determining perturbation dependences from the direction of micropattern, power installation and brush-type operating device.

**Keywords:** mathematical model, road sweeping machine, vibration protection.

#### References

1. Korchagin P.A. Matematicheskaja model' dinamičeskoj sistemy [Mathematical model of a dynamic system]. *Vestnik SibADI*, 2013, no 4(32), pp. 91-95.

2. Zenkevich S.L., Yushchenko A.S. *Upravlenie robotami. Osnovy upravlenija manipuljacionnymi robotami* [Robot control. Fundamentals of controlling manipulation robots: textbook for universities]. Moscow, Izd-vo MGTU im. N. Uh. Bauman, 2000. 400 p.

3. *Snizhenie dinamičeskih vozdeystvij na odnokovšovyj jekskavator. Monografija* [The reduction of dynamic effects on a single-bucket excavator].

V. S. Shcherbakov, P. A. Korchagin. Omsk: Publishing Services, 2000. 147 p.

4. *Vibracija v tehnike: spravočnik* [Vibration in technique: Handbook]. In 6 Vols / ed. by V. N. Chelomey. T. 6. Protection from vibration and impacts. edited by K. V. Frolov. Moscow, Mashinostroenie, 1981. 456 p.

5. Afanasiev V.L. Khachaturov A.A. *Statističeskie harakteristiki mikroprofilej avtomobil'nyh dorog i kolebanij avtomobilja* [Statistical characteristics of microprofiles of motor roads and automobile's vibration.] *Automotive*, 1966, no 2. pp. 21-23.

6. Artemyev K.A. Alekseeva T.V., Belokrylov V.G. *Dorozhnye mashiny: v 2 chastjah. Ch II. Mashiny dlja ustrojstva dorozhnyh pokrytij. Učebnik dlja vuzov* [Road machinery: in 2 parts. P II. Machines for road covering]. Moscow, Mashinostroenie, 1982.396 p.

7. Paul R. [Modeling, trajectory planning and motion control of a robot manipulator]. R. Paul. Moscow, Nauka, 1976. 104 p.

8. *Robototehnika i gibkie avtomatizirovannye proizvodstva* [Robotics and flexible automated production: in 6 volumes. Vol. 5. Simulation of robotic systems and flexible automated production] ed. by I. M. Makarov. Moscow, Higher. Sch., 1986. 175 p.

*Корчагин Павел Александрович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Механика» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: korchagin\_pa@mail.ru).*

*Тетерина Ирина Алексеевна (Россия, г. Омск) – аспирантка кафедры «Механика», ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: teterina\_ia@sibadi.org).*

*Korchagin Pavel Aleksandrovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Mechanics" of the Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI). (644080, Omsk, 5 Mira st., email: korchagin\_pa@mail.ru).*

*Teterina Irina Alekseevna (Russian Federation, Omsk) – graduate student of the department "Mechanics" of the Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI). (644080, Omsk, 5 Mira st., email: teterina\_ia@sibadi.org).*

УДК 681.51:621.878

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОГРУЖЕНИЕМ ВИНТОВОЙ СВАИ

И.В. Лазута, Е.Ф. Лазута  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** Значительное внимание в исследованиях системы автоматического управления погружением винтовой сваи уделяется конструктивным параметрам системы. Авторами приводятся статические характеристики выходных параметров системы и устанавливаются границы изменения конструктивных параметров системы. Также проводится анализ качества регулирования системы, обосновываются исследуемые параметры и устанавливаются зависимости качества регулирования и эффективности погружения сваи от исследуемых параметров.

**Ключевые слова:** анализ, автоматическая система, винтовая свая, статическая характеристика, переходная характеристика, качество регулирования.

**Введение**

Математическое описание системы автоматического управления (САУ) погружением винтовой сваи, представленное авторами в предыдущей статье «Система автоматического управления погружением винтовой сваи» [1], позволяет проводить моделирование в программе Simulink [2]. Теоретические исследования математической модели САУ будут направлены на установление границ изменения конструктивных параметров и анализ их влияния на качество регулирования выходных параметров системы для конкретных внешних условий.

**Анализ параметров системы**

Под конкретными внешними условиями понимаются коэффициенты общей и упругой деформации грунта  $C_1$  и  $C_2$ ; показатель, характеризующий процесс деформации,  $\mu$ ; коэффициент трения грунта по стали  $f$ , которые в совокупности с конструктивными параметрами винтовой сваи: половиной угла заострения конуса  $\beta$ ; радиусом башмака  $R$ ; углом подъема винтовой линии лопасти  $\gamma$ ; половиной угла заострения винтовой лопасти  $\alpha$ ; шириной лопасти сваи  $B$ ; числом витков лопасти  $n$ ; наружным радиусом обсадной трубы  $r$ ; высотой башмака  $H$ ; шагом лопасти  $H_{\text{л}}$ ; весом сваи  $G_c$ ; дают значения величин вертикальной силы сопротивления погружению  $F$  и момента сопротивления вращению сваи  $M$ . Значения силы  $F$  и момента  $M$  для конкретных внешних условий при моделировании взяты из исследований Н.Б. Баранова [3].

Согласно проведенному анализу структуры САУ [1], исследуемые параметры должны быть связаны с исполнительной частью системы – гидроприводами вращения и подачи сваи, а также механизмом погружения [1,4]: параметры регулирования рабочего объема гидронасоса –  $e_{H1}$  и  $e_{H2}$ ; номинальные рабочие объемы гидронасосов –  $q_{HM1}$  и  $q_{HM2}$ ; номинальные рабочие объемы гидромоторов –  $q_{M1}$  и  $q_{M2}$ ; передаточные отношения редукторов вала отбора мощности ДВС и механизма погружения по каналу вращения и подачи сваи –  $i_{TP1}$ ,  $i_{TP2}$ ,  $i_{MP1}$ ,  $i_{MP2}$  и  $R_B$ .

Для проведения теоретических исследований введем понятие коэффициент трансформации гидропередачи  $K_{ГП}$  и передаточное число гидропередачи  $U_{ГП}$ . При угловой частоте вращения вала гидронасоса  $\omega_H$  и гидромотора  $\omega_M$  передаточное число гидропередачи имеет вид [5]:

$$U_{ГП} = \frac{\omega_M}{\omega_H} \tag{1}$$

С учетом объемных КПД гидронасоса  $\eta_{OH}$  и гидромотора  $\eta_{OM}$ , а также параметра регулирования  $e_H$ , из условия неразрывности потока жидкости получим выражение [5]:

$$4 \frac{q_{HM} \cdot e_H \cdot \omega_H \cdot \eta_{OH}}{2\pi} = \frac{q_M \cdot \omega_M}{2\pi \cdot \eta_{OM}} \cdot 4 \tag{2}$$

Принимая  $\eta_{OH} \cdot \eta_{OM} = \eta_O$ , где  $\eta_O$  – объемный КПД гидропередачи, получим [5]:

$$U_{ГП} = \frac{q_{HM} \cdot e_H \cdot \eta_O}{q_M} \tag{3}$$

При моменте на валу гидронасоса  $M_H$  и на валу гидромотора  $M_M$  коэффициент трансформации гидропередачи имеет вид [5]:

$$K_{ГП} = \frac{M_M}{M_H} \tag{4}$$

С учетом механических КПД гидронасоса  $\eta_{MH}$  и гидромотора  $\eta_{MM}$ , а также параметра регулирования  $e_H$ , принимая механический КПД гидропередачи  $\eta_{MH} \cdot \eta_{MM} = \eta_M$ , имеем [5]:

$$K_{ГП} = \frac{q_M \cdot \eta_M}{q_{HM} \cdot e_H} \tag{5}$$

Обозначая общий КПД гидропередачи  $\eta_{ГП} = \eta_O \cdot \eta_M$ , получим [5]:

$$\eta_{ГП} = K_{ГП} \cdot U_{ГП} \tag{6}$$

Значения основных параметров гидропередач нельзя выбирать произвольно. Так, номинальные давления в гидросистеме принимают по ГОСТ 12445-80, а номинальные рабочие объемы гидронасосов и гидромоторов – по ГОСТ 13824-80 [6,7].

Основной величиной, влияющей на загрузку ДВС, является величина момента сопротивления на валу ДВС  $M_C$ . Согласно математической модели САУ погружением винтовой сваи в установившемся режиме данная величина определяется как [1]:

$$M_C = \frac{M \cdot \eta_{TP1}}{i_{MP1} \cdot i_{TP1}} \cdot \frac{1}{K_{ГП1}} + \frac{F \cdot R_B \cdot \eta_{TP2}}{2 \cdot i_{MP2} \cdot i_{TP2}} \cdot \frac{1}{K_{ГП2}} \tag{7}$$

Для оценки влияния внешних возмущающих воздействий и исследуемых параметров на загрузку ДВС были получены статические характеристики момента сопротивления на валу ДВС  $M_C$  при различных значениях коэффициентов трансформации гидропередачи приводов вращения и подачи  $K_{ГП1}$ ,  $K_{ГП2}$  и раз-

личных глубинах погружения сваи  $H_C$  для коэффициента общей деформации грунта  $C_1 = 3 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3$  (рис.1) [3]. Для получения статических характеристик были приняты следующие значения КПД гидропередачи и трансмиссии:  $\eta_{M1} = \eta_{M2} = 0,92$ ;  $\eta_{O1} = \eta_{O2} = 0,94$ ;  $\eta_{TP1} = \eta_{TP2} = 0,88$ .

щие значения КПД гидропередачи и трансмиссии:  $\eta_{M1} = \eta_{M2} = 0,92$ ;  $\eta_{O1} = \eta_{O2} = 0,94$ ;  $\eta_{TP1} = \eta_{TP2} = 0,88$ .

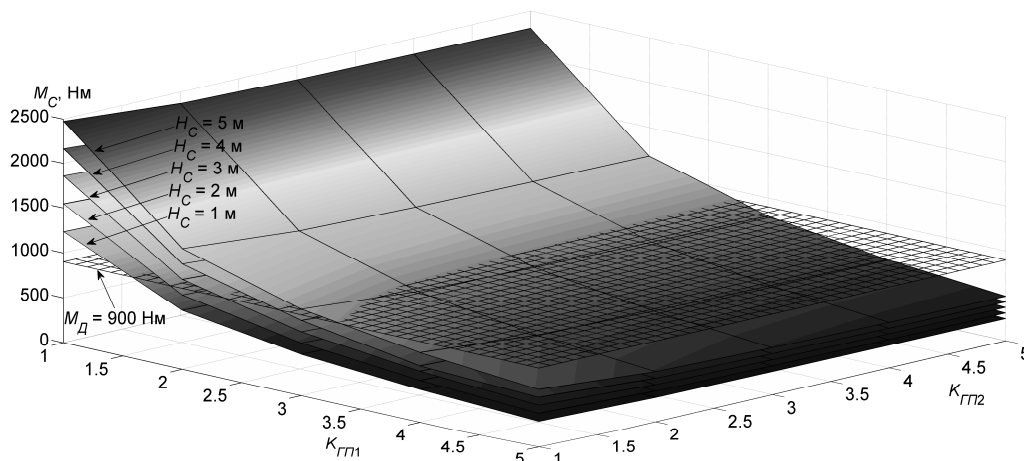


Рис. 1. Статические характеристики момента сопротивления на валу ДВС

Статические характеристики (рис.1) наглядно демонстрируют влияние коэффициентов  $K_{ГГ1}$  и  $K_{ГГ2}$  на момент сопротивления на валу ДВС  $M_C$ . С учетом зависимости коэффициента трансформации от отношения рабочих объемов гидронасоса и гидромотора (5), можно на стадии проектирования осуществлять предварительный расчет отношения ра-

бочих объемов гидромотора и гидронасоса  $q_M/q_{HM}$ . Угловая частота вращения  $\omega_C$  является прямым показателем скорости погружения сваи [1]. Наглядно оценить влияние передаточного числа гидропередачи по каналу вращения сваи  $U_{ГГ1}$  на угловую частоту вращения сваи  $\omega_C$  позволяет статическая характеристика (рис. 2).

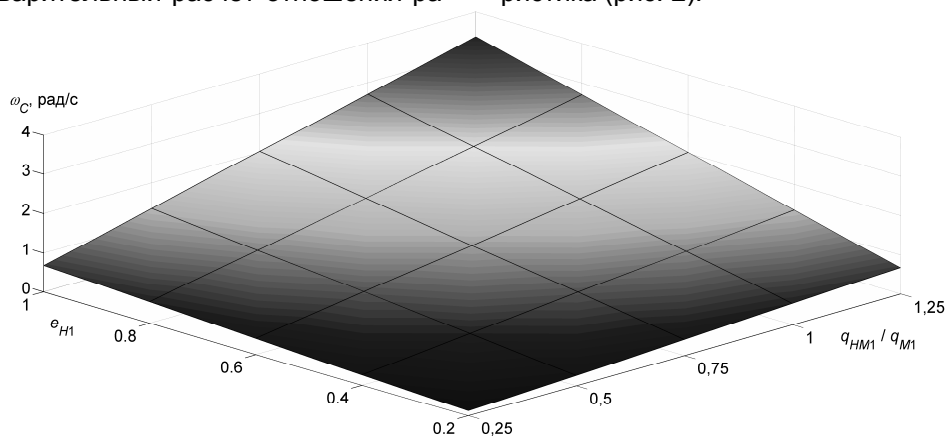


Рис. 2. Статическая характеристика угловой частоты вращения сваи

По статической характеристике (рис.2) можно наблюдать пропорциональную зависимость частоты вращения сваи  $\omega_C$  от отношения номинальных рабочих объемов гидронасоса и гидромотора  $q_{HM1}/q_{M1}$  и параметра регулирования  $e_{H1}$ . В совокупности с зависимостью (7), можно сделать вывод, что в процессе регулирования момента на валу двигателя  $M_D$  скорость погружения сваи и момент сопротивления будут изменяться в зависимости от параметра регулирования  $e_{H1}$ .

Давление в гидросистеме будет зависеть от внешних воздействий на сваю со стороны

грунта. Для оценки влияния исследуемых параметров на давление в гидросистеме была получена статическая характеристика давления в напорной линии гидропередачи вращения сваи  $P_{H1}$  при различных значениях рабочего объема гидромотора  $q_{M1}$  и передаточного отношения редуктора механизма погружения  $i_{MГ1}$  для коэффициента общей деформации грунта  $C_1 = 3 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3$  и максимального момента сопротивления завинчиванию сваи  $M_{max}$  (рис.3).

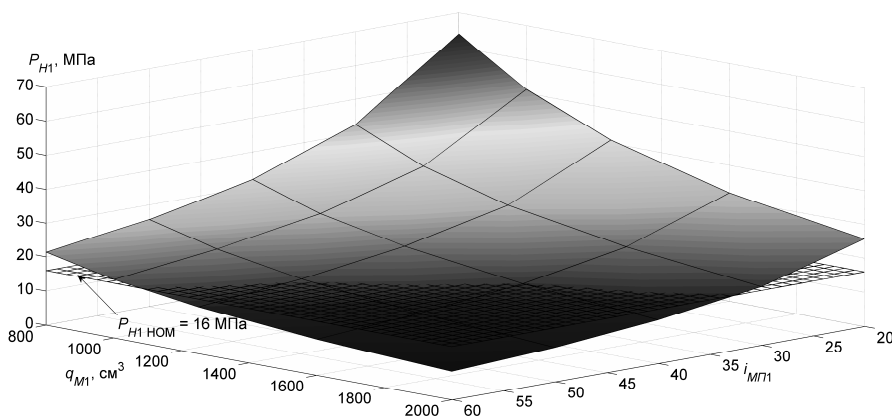


Рис. 3. Статическая характеристика давления в напорной линии гидропередачи вращения сваи

Таким образом, при проектировании (САУ) погружением винтовой сваи значения рабочих объемов гидромотора  $q_{M1}$ ,  $q_{M2}$  и передаточных отношений редукторов механизма погружения  $i_{MГ1}$  и  $i_{MГ2}$  необходимо выбирать согласно с номинальными рабочими давлениями в гидросистеме по ГОСТ, исходя из следующих неравенств. Для гидропередачи привода вращения сваи [4]:

$$P_{H1\_НОМ} \geq \frac{2\pi \cdot M_{\max}}{q_{M1} \cdot i_{MГ1} \cdot \eta_{MM1}}; \quad (8)$$

для гидропередачи привода подачи сваи [4]:

$$P_{H2\_НОМ} \geq \frac{\pi \cdot F_{\max} \cdot R_B}{q_{M2} \cdot i_{MГ2} \cdot \eta_{MM2}}. \quad (9)$$

где  $F_{\max}$  – максимальное значение вертикальной силы сопротивления погружению сваи  $F$  для конкретных внешних условий.

Для оценки качества регулирования и динамических свойств САУ воспользуемся наиболее распространенной при анализе систем

переходной временной характеристикой [8]. Далее рассмотрим переходные процессы момента на валу двигателя  $M_D$  в процессе погружения сваи.

Основной величиной, влияющей на изменения момента ДВС  $M_D$ , является момент сопротивления на валу ДВС  $M_C$ . В установившемся режиме  $M_C$  определяется согласно (5) и (7) как [4]:

$$M_C = \frac{M \cdot \eta_{TP1} \cdot q_{HM1} \cdot e_{H1}}{i_{MГ1} \cdot i_{TP1} \cdot q_{M1} \cdot \eta_{M1}} + \frac{F \cdot R_B \cdot \eta_{TP2} \cdot q_{HM2} \cdot e_{H2}}{2 \cdot i_{MГ2} \cdot i_{TP2} \cdot q_{M2} \cdot \eta_{M2}}. \quad (10)$$

Анализ зависимости (10) совместно с условиями (8) и (9) показал, что отношения номинальных рабочих объемов гидронасосов к передаточным отношениям редукторов вала отбора мощности ДВС –  $q_{HM1}/i_{TP1}$  и  $q_{HM2}/i_{TP2}$  будут оказывать существенное влияние на качество регулирования САУ. Переходные характеристики момента  $M_D$  при различных коэффициентах  $q_{HM1}/i_{TP1}$  и  $q_{HM2}/i_{TP2}$ , представленные на рисунках 4 и 5, позволяют оценить качество регулирования САУ [4].

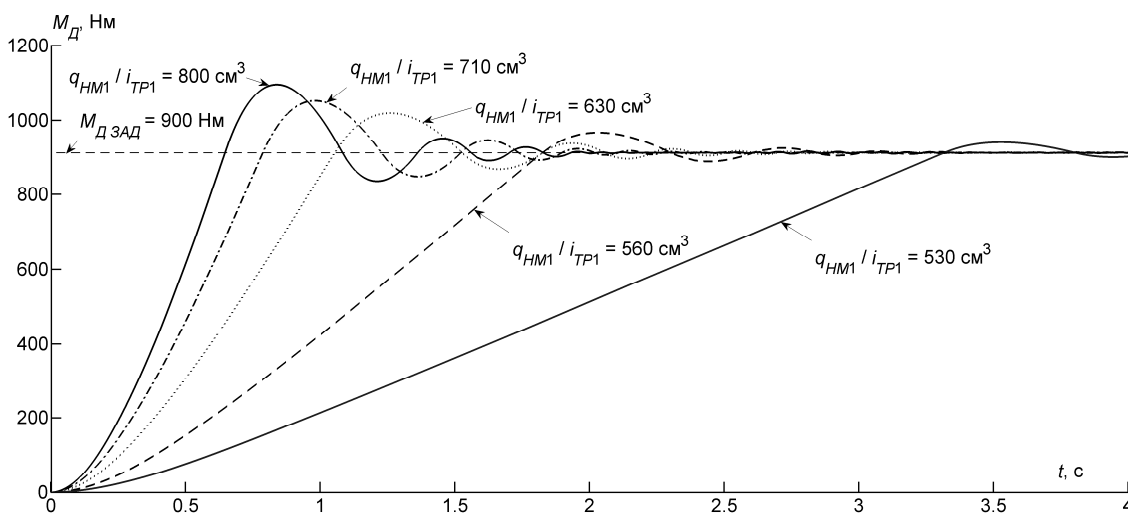


Рис. 4. Переходная характеристика момента на валу ДВС при различных  $q_{HM1}/i_{TP1}$

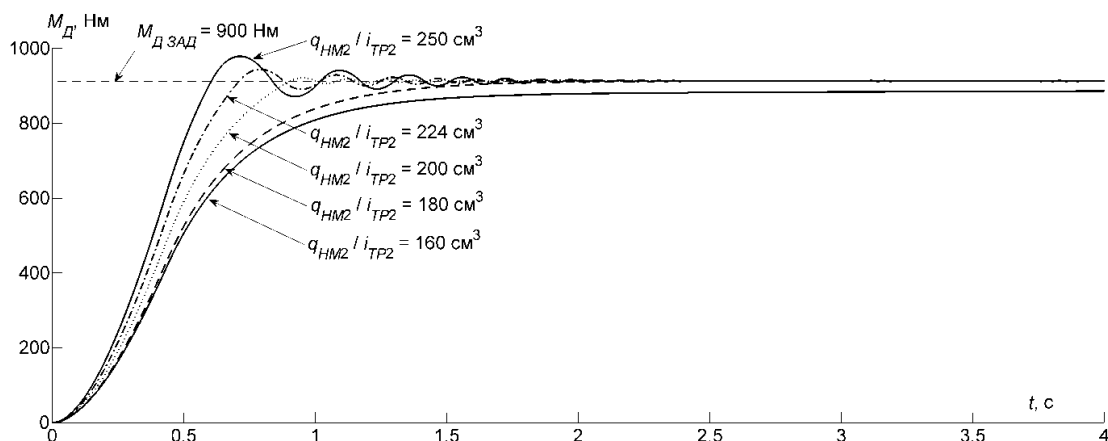


Рис. 5. Переходная характеристика момента на валу ДВС при различных  $q_{HM2}/i_{TP2}$

По полученным переходным характеристикам можно проследить зависимость между перерегулированием момента на валу двигателя  $\sigma_M$  и параметрами  $q_{HM1}/i_{TP1}$  и  $q_{HM2}/i_{TP2}$  в переходном режиме. Увеличение параметров  $q_{HM1}/i_{TP1}$  и  $q_{HM2}/i_{TP2}$  отрицательно сказывается на качестве регулирования САУ – увеличивается перерегулирование  $\sigma_M$ . Для решения задач анализа САУ необходимо выявить зависимости времени погружения сваи  $t_C$  и перерегулирования момента на валу ДВС  $\sigma_M$  от исследуемых параметров  $q_{HM1}/i_{TP1}$  и  $q_{HM2}/i_{TP2}$ . Под временем погружения сваи понимается время от подачи сигнала включения на систему до достижения сваей определенной заданной глубины  $H_{C\_3AD}$  [4]. В качестве примера приведены данные исследования для сваи с радиусом  $R = r = 0,1405$  м, числом витков  $n = 4,25$ , закручиваемой в тугопластичный суглинок с коэффициентом общей деформации грунта  $C_1 = 1,7 \cdot 10^6$  Н/м<sup>3</sup> на глубину  $H_{C\_3AD} = 5,85$  м. Максимальная сила и момент сопротивления погружению при закручивании составили:  $F_{max} = 206650$  Н,  $M_{max} = 156270$  Нм при номинальном давлении в гидросистеме  $P_{H1\_НОМ} = P_{H2\_НОМ} = 16$  МПа [4].

Номинальные рабочие объемы гидромоторов  $q_{M1}$ ,  $q_{M2}$  при моделировании выбирались из стандартного ряда согласно ГОСТ 13824-80, а параметры механизма погружения  $i_{MP1}$ ,  $R_B$  и  $i_{MP2}$  с учетом условий (8), (9). По данным условиям для конкретной серии гидронасосов и гидромоторов:

$$q_{M1} \cdot i_{MP1} \geq 0,0643; \quad (11)$$

$$\frac{q_{M2} \cdot i_{MP2}}{R_B} \geq 0,0425. \quad (12)$$

Для исследования выбраны следующие значения номинальных рабочих объемов гидромоторов:  $q_{M1} = 1000$  см<sup>3</sup>,  $q_{M2} = 500$  см<sup>3</sup> и параметров механизма погружения:  $R_B = 0,15$  м;  $i_{MP1} = 64,3$ ;  $i_{MP2} = 12,75$ . Полученные статические характеристики времени погружения сваи  $t_C$  и перерегулирования момента на валу ДВС  $\sigma_M$  от исследуемых параметров  $q_{HM1}/i_{TP1}$  и  $q_{HM2}/i_{TP2}$  представлены на рисунках 6 и 7. Для наглядности на графиках обозначен порог ограничения по перерегулированию  $\sigma_{M\_3AD}$ , принятый, согласно требованиям к системам автоматики, равным 10% [8].

Анализ зависимости, приведенной на рисунках 6 и 7, показал, что время погружения сваи  $t_C$  явно зависит от обоих исследуемых параметров  $q_{HM1}/i_{TP1}$  и  $q_{HM2}/i_{TP2}$ , что объясняется динамикой процесса погружения во время автоматического управления выходными параметрами и оптимальностью загрузки силового агрегата – ДВС. При определенных значениях  $q_{HM1}/i_{TP1}$  и  $q_{HM2}/i_{TP2}$  имеется минимум времени погружения сваи, что является признаком наиболее эффективной работы САУ погружением винтовой сваи. Однако с уменьшением времени погружения сваи  $t_C$  растет перерегулирование  $\sigma_M$ , что является отрицательным фактором, который свидетельствует о нерациональном использовании ресурсов мощности ДВС. Увеличение времени погружения сваи  $t_C$  в крайнем диапазоне изменения исследуемых параметров объясняется возрастающей вместе с перерегулированием момента  $\sigma_M$  колебательностью переходного процесса регулируемой величины – момента на валу ДВС  $M_d$ , что может привести, в конечном счете, к неустойчивости САУ.



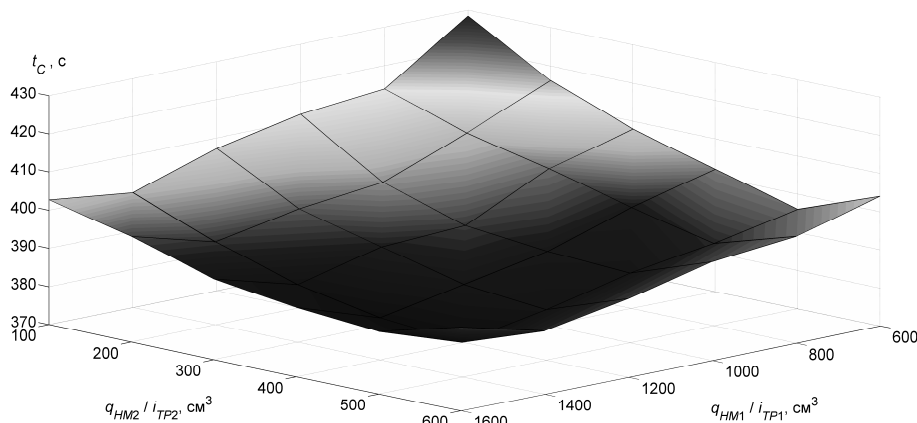


Рис. 6. Статическая характеристика времени погружения сваи

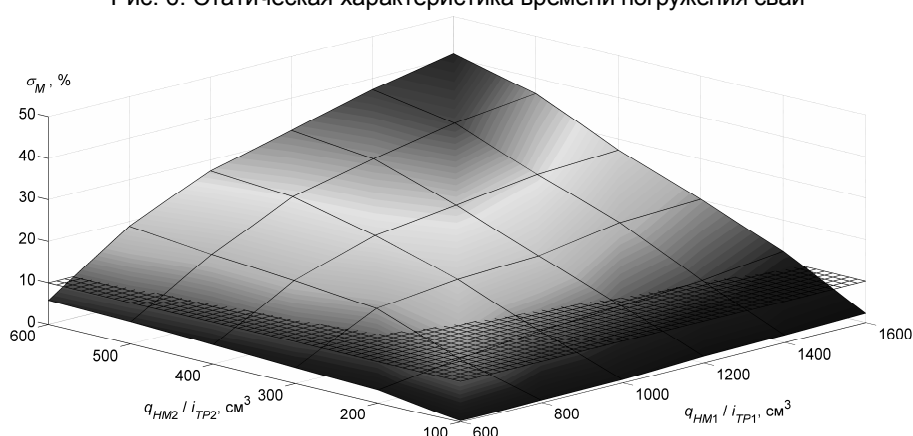


Рис. 7. Статическая характеристика перерегулирования момента на валу ДВС

### Заключение

Теоретические исследования САУ погружением винтовой сваи, представленные в статье, наглядно демонстрируют статические и переходные характеристики системы, позволяют определить допустимые границы изменения конструктивных параметров системы, а также обосновать исследуемые параметры, наиболее явно влияющие на качество регулирования САУ и эффективность процесса погружения винтовой сваи. Проведенные исследования могут служить основой инженерного анализа и оптимизации на стадии проектирования САУ.

### Библиографический список

1. Лазута, И.В. Система автоматического управления погружением винтовой сваи / И.В. Лазута, Е.Ф. Лазута // Вестник СибАДИ. – 2015. – № 4. – С. 130-138.
2. Ануфриев, И.Е. MATLAB 7: учебник / И.Е. Ануфриев, А.Б. Смирнов, Е.Н. Смирнова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.
3. Баранов, Н.Б. Обоснование параметров и режимов работы оборудования для устройства винтонабивных свай: дис. ... канд. техн. наук / Н. Б. Баранов. – Омск: СибАДИ, 2008. – 177 с.
4. Денисова, Е.Ф. Система автоматизации проектирования основных параметров устройства управления погружением винтовой сваи: дис. ... канд. техн. наук / Е.Ф. Денисова. – Омск: СибАДИ, 2011. – 146 с.
5. Федорев, В.А. Гидроприводы и гидропневмоавтоматика станков: учеб. пособие / В.А. Федорев, М.Н. Педченко, А.Ф. Пичко, Ю.В. Пересадыко, В.С. Лысенко. – Киев: Высшая школа. Главное изд-во, 1987. – 375 с.
6. ГОСТ 12445-80 (ИСО 2944). Гидроприводы объемные, пневмоприводы и смазочные системы. Номинальные давления. Введен 1980-07-01. – Москва: Изд-во стандартов, 1982. – 3 с.
7. ГОСТ 13824-80. Гидроприводы объемные и смазочные системы. Номинальные рабочие объемы. Введен 1980-07-01. – Москва: Изд-во стандартов, 2000. – 4 с.
8. Щербаков, В.С. Теория автоматического управления. Линейные непрерывные системы: учебное пособие / В.С. Щербаков, И.В. Лазута. – Омск: СибАДИ, 2013. – 142 с.

### THEORETICAL RESEARCH OF THE SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL DIVE OF THE SCREW PILES

I.V. Lazuta, E.F. Lazuta

**Abstract.** Considerable attention in the research of the system of automatic control dive of the screw

piles is paid the constructive parameters of the system. The authors propose static characteristics of the output parameters of the system and set the limits of variation of constructive parameters. Also, held an analysis of the quality of regulation of the system, substantiates the researched parameters and set depending the quality of regulation and the effectiveness of dive piles from the investigated parameters.

**Keywords:** analysis, the automatic system, the screw pile, the static characteristic, the transient response, the quality of regulation

#### References

1. Lazuta I.V., Lazuta E.F. *Sistema avtomaticheskogo upravleniya pogruzheniem vintovoj svai* [The system of automatic control dive of the screw piles]. Vestnik SibADI, 2015, no 4, pp. 130-138.
2. Anufriev I.E., Smirnov A.B., Smirnova E.N. *MATLAB 7 [MATLAB 7]*. St. Petersburg, BHV- Petersburg Publ., 2005. 1104 p.
3. Baranov N.B. *Obosnovanie parametrov i rezhimov raboty oborudovaniya dlja ustrojstva vintonabivnyh svaj*. Diss. kand. tekhn. nauk [Justification of parameters and modes of operation of the equipment for the device for the screw piles. Cand.Tech.Sci. diss.]. Omsk, SibADI Publ., 2008. 177 p.
4. Denisova E.F. *Sistema avtomatizacii proektirovanija osnovnyh parametrov ustrojstva upravleniya pogruzheniem vintovoj svai*. Diss. kand. tekhn. nauk [System computer-aided design of the basic parameters of control device dive of the screw piles. cand .tech. sci. diss.]. Omsk, SibADI Publ., 2011. 146 p.
5. Fedorec V.A., Pedchenko M.N., Pichko A.F., Peresad'ko Ju.V., Lysenko V.S. *Gidroprivody i gidropneumoavtomatika stankov* [Hydraulic actuator and hydro- pneumatic automatics machines]. Kiev. High School Publ., 1987. 375 p.

6. GOST 12445-80. *Gidroprivody ob'emnye, pnevmoprivody i smazochnye sistemy. Nominal'nye davlenija* [ISO 2944. Hydraulic drives volumetric, pneumatic actuators and lubrication systems. Nominal pressures]. Introduced 01/07/1980. Moscow. House of Standards Publ., 1982. 3 p.

7. GOST 13824-80. *Gidroprivody ob'emnye i smazochnye sistemy. Nominal'nye rabochie ob'emy* [State standard Hydraulic drives volumetric and lubrication systems. Rated operating volumes]. Introduced 01/07/1980. – Moscow. House of Standards Publ., 2000. 4 p.

8. Shherbakov V.S., Lazuta I.V. *Teorija avtomaticheskogo upravlenija. Linejnye nepreryvnye sistemy* [Theory of automatic control. Linear continuous systems]. Omsk, SibADI Publ., 2013. 142 p.

*Лазута Иван Васильевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, 2.368, e-mail: livne@mail.ru).*

*Лазута Екатерина Федоровна (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, 2.364, e-mail: lazutaef@mail.ru).*

*Lazuta Ivan Vasilievich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, associate professor of the department "Automation of production processes and electrical engineering" of The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira st., 5, e-mail: livne@mail.ru).*

*Lazuta Ekaterina Fedorovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, associate professor of the department "Mechanics" of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira st., 5, e-mail: lazutaef@mail.ru).*

УДК 62.822

## ПРИЛОЖЕНИЕ РЯДОВ ДЛЯ РАСЧЕТА РЕКУПЕРАЦИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПНЕВМОГИДРОАККУМУЛЯТОРА

Е.Ю. Руппель

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В статье предлагается метод решения математической модели с использованием пневмогидроаккумулятора для рекуперации кинетической энергии приведенной массы строительных машин. В данной статье доказано, что применение пневмогидроаккумулятора для рекуперации кинетической энергии поршня, к которому приведена масса движущейся части машины позволяет уменьшить мощность двигателя при его разгоне. Приведен пример расчета мощности, затрачиваемой двигателем внутреннего сгорания на разгон автомобиля при наличии системы рекуперации.

**Ключевые слова:** пневмогидроаккумулятора, система рекуперации, мощность двигателя.

#### Введение

Многие машины имеют периодический характер движения. Цикл их работы состоит

из разгона, равномерного движения и замедления (торможения). На разгон затрачивается много энергии, большая часть которой расхо-

дуется на сообщение кинетической энергии машине, а при замедлении кинетическая энергия поглощается тормозами, превращаясь в тепло. К таким машинам можно отнести экскаватор, башенный кран, автомобиль и др.[1,2].

Одним из способов повышения эффективности использования энергоресурсов строительных машин и автомобилей является рекуперация кинетической энергии при их

торможении или торможении их подвижных частей. при рекуперации происходит преобразование кинетической энергии подвижной массы во внутреннюю энергию газа.

**Математическая модель гидросистемы с приведенной массой при разгоне.** Рассмотрим применение пневмогидроаккумулятора для рекуперации кинетической энергии поршня, к которому приведена масса движущейся части машины [3,4].

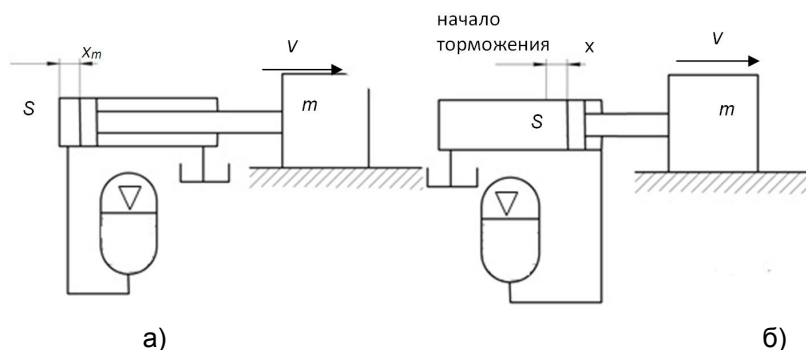


Рис.1.Расчетная схема гидросистемы с приведенной массой:

а) - схема разгона системы от аккумулятора; б) - схема торможения системы аккумулятором

При составлении и решении математической модели данного процесса широко используются приемы интегрирования и методы нахождения интегралов от неинтегрируемых в явном виде функций.

На рисунке 1, а приведена упрощенная схема разгона системы от аккумулятора, а на рис. 1, б - схема торможения системы аккумулятором. Поскольку жидкость, применяемая в гидросистемах, практически несжимаема, то можно предположить, что поршень гидроцилиндра контактирует непосредственно с газовой полостью аккумулятора, а жидкость, как несжимаемую прослойку, отбросить. Тогда аккумулятор можно совместить с гидравлическим цилиндром. Объем газа будет заключен между торцом поршня и крышкой цилиндра, противоположная полость цилиндра будет заполнена маслом. Торец газовой полости цилиндра совмещен с началом координат. Вследствие этого объем газа будет определяться как

$$V = S \cdot x, \quad (1)$$

где  $V$  - мгновенный объем газа,  $S$  - площадь поршня,  $x$  - координата поршня [5,6].

Точка  $x_m$  соответствует крайнему (левому) положению поршня. При этом давление газовой полости равно максимальному давлению в гидросистеме, от которой аккумулятор был заряжен. Координата поршня больше чем координата по рисунку 1, а на величину

$x_m$  которая определяется из следующего уравнения [2]:

$$x_m = \frac{V_m}{S} = \frac{p_0 \cdot V_0}{p_m \cdot S}, \quad (2)$$

где  $p_m$  - максимальное давление в гидросистеме;  $p_0$  - давление предварительной зарядки аккумулятора газом;  $V_0$  - конструктивный объем газовой полости аккумулятора;  $V_m$  - объем газа, соответствующий максимальному давлению;  $S$  - площадь поршня гидроцилиндра.

При расширении газа поршень будет перемещаться вправо. Текущий объем газа  $V$  будет прямо пропорционален перемещению поршня  $x$ . Точка  $x_0$  соответствует полной разрядке, когда газ займет весь конструктивный объем  $V$  аккумулятора.

Изотермический процесс характеризуется уравнением [2]:

$$p_0 V_0 = p_m V_m = pV = const. \quad (3)$$

Согласно второму закону динамики для случая разгона можно записать:

$$m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} = S \cdot p, \quad (4)$$

где  $m$  - масса системы, приведенная к поршню.

Решая совместно уравнения (1), (3) и (4) получим:

$$m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{p_0 \cdot V_0}{x}, \quad \text{так как } v = \frac{dx}{dt}, \quad \text{то}$$

$$m \cdot \frac{dv}{dt} \cdot dx = \frac{p_0 \cdot V_0}{x} \cdot dx \quad \text{или} \quad m \cdot v \cdot dv = \frac{p_0 \cdot V_0}{x} \cdot dx,$$

интегрируя последнее, получим:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = p_0 \cdot V_0 \cdot \ln \frac{x}{x_m}, \quad (5)$$

где  $v$  - скорость поршня. Из уравнения (5) найдем

$$v = \sqrt{\frac{2p_0 \cdot V_0}{m}} \cdot \sqrt{\ln \frac{x}{x_m}}. \quad (6)$$

Обозначим

$$v_c = \sqrt{\frac{2p_0 \cdot V_0}{m}}, \quad (7)$$

тогда уравнение (6) примет вид

$$v = \frac{dx}{dt} = v_c \cdot \sqrt{\ln \frac{x}{x_m}}. \quad (8)$$

Выражение  $\frac{m \cdot v^2}{2}$  представляет собой кинетическую энергию поршня, которая в конце разгона равна

$$\frac{m \cdot v_0^2}{2} = p_0 \cdot V_0 \cdot \ln \frac{x_0}{x_m}, \quad (9)$$

где  $v_0$  - скорость поршня в конце разгона. Из уравнений (1) и (3)

$$\frac{V_0}{V_m} = \frac{x_0}{x_m} = \frac{p_m}{p_0} = \varepsilon_m, \quad (10)$$

где  $\varepsilon_m$  - степень сжатия газа.

Поскольку максимальное давление  $p_m$  определено гидросистемой и является величиной постоянной, то величина кинетической энергии определяется давлением начальной зарядки  $p_0$  аккумулятора. Исследуем уравнение (9) на экстремум. Для этого перепишем его правую часть в виде  $p_0 \cdot V_0 \cdot \ln \frac{p_0}{p_m}$  и вычислим производную по переменной  $p_0$  от полученной функции. Приравняв полученное

выражение к нулю, получим  $\ln \frac{p_0}{p_m} = 1$ . Откуда

$$\frac{x_0}{x_m} = \frac{p_m}{p_0} = \varepsilon_{opt} = e,$$

где  $e$  - основание натурального логарифма,  $\varepsilon_{opt}$  - оптимальное значение степени сжатия.

Таким образом максимальная кинетическая энергия достигается, если:

$$\frac{x_0}{x_m} = e \quad \text{и её значение равно}$$

$$\left( \frac{m \cdot v_0^2}{2} \right)_{\max} = p_0 \cdot V_0.$$

Если подставить в уравнение (8) значение  $\varepsilon_{opt}$  то мы получим максимальную скорость, которую можно достичь от данного аккумулятора  $v_{0\max} = v_c$

Следовательно  $v_c$  выражает скорость поршня в конце разгона при выборе оптимальной степени сжатия.

Разделим переменные в уравнении (8)

$$dt = \frac{1}{v_c} \cdot \frac{dx}{\sqrt{\ln \frac{x}{x_m}}}. \quad (11)$$

При изменении времени от 0 до  $t$  координата поршня изменяется от  $x_m$  до  $x$ , тогда

$$\int dt = \int_{x_m}^x \frac{1}{v_c} \cdot \frac{dx}{\sqrt{\ln \frac{x}{x_m}}}.$$

Делая подставку  $\alpha = \ln \frac{x}{x_m}$ , получим

$$t = \frac{x_m}{v_c} \cdot \int_0^\alpha \frac{e^\alpha d\alpha}{\sqrt{\alpha}}.$$

Последний интеграл является несобственным, для его вычисления раскладываем подынтегральную функцию в равномерно сходящийся ряд на интервале  $(0; \alpha)$  [7]:

$$\frac{e^\alpha}{\sqrt{\alpha}} = \left( \alpha^{-\frac{1}{2}} + \frac{\alpha^{\frac{1}{2}}}{1!} + \frac{\alpha^{\frac{3}{2}}}{2!} + \frac{\alpha^{\frac{5}{2}}}{3!} + \dots \right).$$

Применяя почленное интегрирование, получим:

$$t = \frac{x_m}{v_c} \cdot \int_0^\alpha \frac{e^\alpha}{\sqrt{\alpha}} d\alpha = \int_0^\beta \left( \alpha^{-\frac{1}{2}} + \frac{\alpha^{\frac{1}{2}}}{1!} + \frac{\alpha^{\frac{3}{2}}}{2!} + \frac{\alpha^{\frac{5}{2}}}{3!} + \dots \right) d\alpha = \frac{x_m}{v_c} \left( 2\alpha^{\frac{1}{2}} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha^{\frac{3}{2}}}{1!} + \frac{2}{5} \cdot \frac{\alpha^{\frac{5}{2}}}{2!} + \frac{2}{7} \cdot \frac{\alpha^{\frac{7}{2}}}{3!} + \dots \right) =$$

$$= \frac{2 \cdot \alpha^{\frac{1}{2}} \cdot x_m}{v_c} \cdot \left( 1 + \frac{\alpha^2}{1!} + \frac{\alpha^3}{2!} + \frac{\alpha^5}{3!} + \dots \right) \cdot \left( 1 - \frac{2}{3} \cdot \alpha + \frac{2^2}{3 \cdot 5} \cdot \alpha^2 - \frac{2^3}{3 \cdot 5 \cdot 7} \cdot \alpha^3 + \dots \right) =$$

$$= \frac{2 \cdot e^\alpha \cdot x_m \cdot \sqrt{\alpha}}{v_c} \cdot \left( 1 - \frac{2}{3} \cdot \alpha + \frac{2^2}{3 \cdot 5} \cdot \alpha^2 - \frac{2^3}{3 \cdot 5 \cdot 7} \cdot \alpha^3 + \dots \right).$$

Таким образом, учитывая что  $x = e^\alpha \cdot x_m$ , получим:

$$t = \frac{2 \cdot x \cdot \sqrt{\alpha}}{v_c} \cdot \left( 1 - \frac{2}{3} \cdot \alpha + \frac{2^2}{3 \cdot 5} \cdot \alpha^2 - \frac{2^3}{3 \cdot 5 \cdot 7} \cdot \alpha^3 + \dots \right). \quad (12)$$

Уравнение (12) является уравнением движения поршня. Подставляя в это уравнение

$$x = \frac{p_0 \cdot V_0}{S \cdot p}$$

и, обозначая  $\alpha = \ln \frac{x}{x_m} = \ln \frac{p}{p_m}$ ,

мы получим

$$t = \frac{2 \cdot p_0 \cdot V_0 \cdot \sqrt{\alpha}}{S \cdot v_c \cdot p} \cdot \left( 1 - \frac{2}{3} \cdot \alpha + \frac{2^2}{3 \cdot 5} \cdot \alpha^2 - \frac{2^3}{3 \cdot 5 \cdot 7} \cdot \alpha^3 + \dots \right). \quad (13)$$

Уравнение (13) выражает зависимость между временем и давлением в аккумуляторе при движении поршня.

Далее, пользуясь уравнением (4), получим:

$$p = \frac{m}{S} \cdot \omega,$$

где  $\omega$  - ускорение поршня. Подставляем это значение в уравнение (13).

$$t = \frac{v_c \cdot \sqrt{\alpha}}{\omega} \cdot \left( 1 - \frac{2}{3} \cdot \alpha + \frac{2^2}{3 \cdot 5} \cdot \alpha^2 - \frac{2^3}{3 \cdot 5 \cdot 7} \cdot \alpha^3 + \dots \right). \quad (14)$$

Это уравнение выражает зависимость между временем и ускорением поршня при его движении. В этом уравнении

$$\alpha = \ln \frac{\omega_m}{\omega},$$

где  $\omega_m$  - ускорение в начале движения, соответствующее давлению  $p_m$ .

Для определения зависимости между скоростью и временем воспользуемся уравнением (8), из которого найдем, что

$$\sqrt{\ln \frac{x}{x_m}} = \frac{v}{v_c} = \sqrt{\alpha},$$

где  $\gamma$  - выражает отношение мгновенного значения скорости поршня к  $v_c$

Далее находим, что  $x = x_m \cdot e^{\gamma^2}$ .

Подставляя значения  $x$ ,  $\gamma$  и  $\sqrt{\alpha}$  в уравнение движения (12), получим:

$$t = \frac{m \cdot e^{\gamma^2} \cdot v}{S \cdot p_m} \cdot \left( 1 - \frac{2}{3} \cdot \gamma^2 + \frac{2^2}{3 \cdot 5} \cdot \gamma^4 - \frac{2^3}{3 \cdot 5 \cdot 7} \cdot \gamma^6 + \dots \right). \quad (15)$$

Это уравнение выражает зависимость между временем и скоростью поршня при его движении.

**Математическая модель гидросистемы с приведенной массой при торможении.** Разберем теперь случай торможения. На рис. 1, б изображен схематически совмещенный гидроцилиндр, о котором сказано выше, для случая торможения. Так как сила  $P = S \cdot p$  направлена против движения поршня, то для случая торможения уравнение второго закона динамики будет иметь вид:

$$m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = -S \cdot p \quad \text{или} \quad m \cdot \frac{dv}{dt} = -S \cdot p.$$

Из уравнения (3) найдем

$$p = \frac{p_0 V_0}{V} = -\frac{p_0 V_0}{S \cdot x}.$$

Подставляя значение  $p$  и разделяя переменные, получим

$$mvdv = p_0 V_0 \cdot \frac{dx}{x}. \quad (17)$$

Уравнение (17) тождественно уравнению (6), которое выведено для случая разгона.

После интегрирования найдем

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = p_0 \cdot V_0 \cdot \ln x + C. \quad (18)$$

Для начальных условий  $v = v_0$  и  $x = x_0$

$$\frac{m \cdot v_0^2}{2} - p_0 \cdot V_0 \cdot \ln x_0 = -C.$$

Подставляя значение  $C$  в уравнение (18), получим

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{m \cdot v_0^2}{2} - p_0 \cdot V_0 \cdot \ln \frac{x_0}{x}. \quad (19)$$

Если для определения  $C$  выбрать  $v = 0$  и  $x = x_m$ , то  $C = p_0 \cdot V_0 \cdot \ln x_m$ .

Подставляя значение  $C$  в уравнение (18), получим

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = p_0 \cdot V_0 \cdot \ln \frac{x}{x_m}.$$

Последнее уравнение одинаково пригоден как для процесса разгона так и для торможения, т.к. в уравнение входит отношение

$\frac{x}{x_m}$ , которое всегда будет положительно.

Из уравнения (19)  $v = 0$  и  $x = x_m$  (из последнего уравнения  $v = v_0$  и  $x = x_0$ ) определим

$$v_0 = v_c \cdot \sqrt{\ln \frac{x_0}{x_m}}.$$

Откуда  $x_m = \frac{x_0}{e^{\gamma_0^2}} = -\frac{V_0}{S \cdot e^{\gamma_0^2}}$ , где  $x_0 = -\frac{V_0}{S}$ ;

$$\gamma_0 = -\frac{v_0}{v_c}.$$

Обычно при расчетах нас интересует величина пути торможения, которая равна

$$x_T = x_0 - x_m = \frac{V_0}{S} \left( 1 - \frac{1}{e^{\gamma_0^2}} \right).$$

Путь разгона отличаться будет только знаком

$$x_p = \frac{V_0}{S} \left( 1 - \frac{1}{e^{\gamma_0^2}} \right).$$

Однако для определения пути разгона удобнее пользоваться уравнением

$$x_p = x_0 - x_m = \frac{V_0 - V_m}{S} = \frac{V_0}{S} \left( 1 - \frac{p_0}{p_m} \right). \quad (20)$$

При выводе уравнения движения необхо-

димо в уравнении (11) поменять местами пределы, тогда уравнение будет выглядеть так:

$$\int_t^{t_0} dt = \frac{1}{v_c} \cdot \int_x^{x_m} \frac{dx}{\sqrt{\ln \frac{x}{x_m}}}.$$

В начале пути  $x = x_0$  и  $t = 0$ . При достижении точки  $v = 0$  и  $x = -x_m$ , время будет составлять  $t_0$  (точка  $-x_m$  соответствует полной остановке поршня, т.е.  $v = 0$ ).

Исходя из этого уравнения (12), (13), (14) и (15) переписуются в виде:

$$t = t_0 + \frac{2 \cdot x \cdot \sqrt{\alpha}}{v_c} \cdot \left( 1 - \frac{2}{3} \cdot \alpha + \frac{2^2}{3 \cdot 5} \cdot \alpha^2 - \frac{2^3}{3 \cdot 5 \cdot 7} \cdot \alpha^3 + \dots \right); \quad (21)$$

$$t = t_0 - \frac{2 \cdot p_0 \cdot V_0 \cdot \sqrt{\alpha}}{S \cdot v_c \cdot p} \cdot \left( 1 - \frac{2}{3} \cdot \alpha + \frac{2^2}{3 \cdot 5} \cdot \alpha^2 - \frac{2^3}{3 \cdot 5 \cdot 7} \cdot \alpha^3 + \dots \right); \quad (22)$$

$$t = t_0 - \frac{v_c \cdot \sqrt{\alpha}}{\omega} \cdot \left( 1 - \frac{2}{3} \cdot \alpha + \frac{2^2}{3 \cdot 5} \cdot \alpha^2 - \frac{2^3}{3 \cdot 5 \cdot 7} \cdot \alpha^3 + \dots \right); \quad (23)$$

$$t = t_0 - \frac{m \cdot e^{\gamma^2} \cdot v}{S \cdot p_m} \cdot \left( 1 - \frac{2}{3} \cdot \gamma^2 + \frac{2^2}{3 \cdot 5} \cdot \gamma^4 - \frac{2^3}{3 \cdot 5 \cdot 7} \cdot \gamma^6 + \dots \right). \quad (24)$$

С помощью выведенных уравнений можно рассчитывать системы с рекуперацией кинетической энергии. Исходными данными для расчета могут быть: приведенная масса  $m$  или приведенный момент инерции  $J$ ; скорость равномерного движения  $v_0$  или  $\omega_0$ ; путь разгона  $x_p$  или приведенный к валу гидромотора угол поворота  $\varphi_p$  или время разгона  $t_0$ , максимальное давление в гидросистеме  $p_m$  и минимальное  $p_0$ .

**Пример расчета тормозной гидросистемы.** Расчету подлежат: конструктивный объем газовой полости аккумулятора  $V_0$ ; параметры гидродвигателя, по которым последний выбирается.

Для примера возьмем автомобиль ВАЗ "Жигули", у которого вес  $P = 13500$  Н, масса  $m = 1,38$  кг. Расчет проведем для скорости равномерного движения  $v_0 = 60$  км/ч = 16,67 м/с, времени разгона  $t_0 = 15$  с, максимального давления  $p_m = 16$  МПа и давления предварительной зарядки аккумулятора газом  $p_0 = 0,5$  МПа. Низкое давление выбирается из соображений, чтобы при подключении аккумулятора для торможения не было резкого удара.

Расчет:

1. Определяем конструктивный объем газовой полости аккумулятора

$$V_0 = \frac{mv_0^2}{2p_0 \cdot \ln \frac{p_m}{p_0}} = \frac{1,38 \cdot 1667^2}{2 \cdot 5 \cdot \ln \frac{160}{5}} = 100000 \text{ см}^3 = 100 \text{ л}.$$

Если внутренний диаметр баллона выбрать равным 250 мм, то эта емкость составит из 2-х баллонов длиной 1,3 м каждый.

2. Рабочий объем гидромотора

$$r = \frac{\sqrt{2 \cdot p_0 \cdot V_0 \cdot J \cdot \sqrt{\alpha}}}{t_0 \cdot p_0} \cdot \left( 1 - \frac{2}{3} \cdot \alpha + \frac{2^2}{3 \cdot 5} \cdot \alpha^2 - \frac{2^3}{3 \cdot 5 \cdot 7} \cdot \alpha^3 + \dots \right).$$

Приведенный момент инерции

$$J = m \cdot \left( \frac{v_0}{\omega_0} \right)^2 = 1,38 \cdot \left( \frac{1667}{100} \right)^2 = 3,83 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \text{ где}$$

$$\text{угловая скорость } \omega_0 = \frac{\pi n_0}{30} = \frac{3,14 \cdot 980}{30} = 100 \text{ с}^{-1}.$$

$$r = \frac{\sqrt{2 \cdot 5 \cdot 100000 \cdot 3,83 \cdot \sqrt{3,47}}}{15 \cdot 5} \cdot 0,16 = 77,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

3. Теоретический расход гидромотора

$$Q_T = r \cdot n_0 = 77,7 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{980}{60} = 1269 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

или  $Q_T = 1,269 \text{ л/с}$ .

Выбираем гидромотор 11М № 30, у которого число оборотов приводного вала  $n_0 = 13 \text{ об/с}$ ; теоретический расход  $Q_T = 1,269 \text{ л/с}$ ; крутящий момент, развиваемый при давлении 10 МПа  $M_{кр} = 1170 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ; общий КПД  $\eta = 0,93$ ; габариты 213 x 213 x 550 мм; вес 110 Н.

4. Площадь поперечного сечения условного поршня:

$$S = \frac{\sqrt{2 \cdot p_0 \cdot V_0 \cdot m \cdot \sqrt{\alpha}}}{t_0 \cdot p_0} \cdot \left( 1 - \frac{2}{3} \cdot \alpha + \frac{2^2}{3 \cdot 5} \cdot \alpha^2 - \frac{2^3}{3 \cdot 5 \cdot 7} \cdot \alpha^3 + \dots \right) = \frac{\sqrt{2 \cdot 5 \cdot 100000 \cdot 1,38 \cdot \sqrt{3,47}}}{t_0 \cdot p_0} \cdot 0,16 = 0,000467 \text{ м}^2.$$

5. Путь разгона:

$$x_p = \frac{V_0}{S} \left( 1 - \frac{p_0}{p_m} \right) = \frac{100000}{4,67} \cdot \left( 1 - \frac{5}{160} \right) = 20800 \text{ см} = 208 \text{ м}.$$

6. Мощность, затрачиваемая двигателем внутреннего сгорания на разгон автомобиля в течение 15 с до скорости 60 км/час:

$$N_{ин} = \frac{mv_0 x_p}{t_0^2} = \frac{1350 \cdot 16,67 \cdot 208}{15^2} = 20804 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^3} = 20,8 \text{ кВт}.$$

7. Мощность сил сопротивления (трения и аэродинамических сил):

$$N_{сопр} = \frac{F_{мп} v_0}{75} + kv_0^2 = \frac{27 \cdot 16,7}{75} + 2,6 \cdot 10^{-3} \cdot 60^2 = 11,25 \text{ кВт}.$$

8. При наличии системы рекуперации мощность двигателя уменьшается

$$\frac{N_{ин} + N_{сопр}}{N_{сопр}} = \frac{20,8 + 11,25}{11,25} = 2,86.$$

### Заключение

Анализ приведенных выше расчетов позволяет сделать вывод о целесообразности применения пневмогидроаккумулятора для рекуперации кинетической энергии приведенной массы движущейся части машины при помощи гидромотора. Это позволяет уменьшить мощность двигателя при его разгоне за счет высвобождаемой энергии, полученной при торможении, что в конечном итоге приводит к уменьшению расхода топлива.

### Библиографический список

1. Алексеева, Т.В. Использование принципа аккумулирования энергии в системе управления землеройно- СДМ транспортной машины / Т.В. Алексеева и др. // Исслед. и испытания дорог. и строит. машин: сб. науч. работ. 1969г. – Вып. 1. / СибАДИ. – Омск, 1969. – С. 70–75.
2. Алексеева, Т.В. Гидропривод и гидроавтоматика землеройно-транспортных машин / Т.В. Алексеева. – М.: Машиностроение, 1966. – 147 с.
3. Щербаков, В.Ф. Рекуперативная система привода гидроподъемных машин // Строительные и дорожные машины. – 2008. – № 9. – С. 49-51.
4. Хмара, Л.А. Применение аккумуляторов потенциальной энергии в строительных машинах (на примере одноковшового экскаватора) / Л.А. Хмара // Строительство. Материаловедение. Машиностроение: сборник науч. тр. Вып. 33. Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин / ПГАСА. – Днепропетровск, 2005. – С. 17-33.
5. Ламм, В.Ю. Моделирование гидропривода с аккумулятором реверса / В.Ю. Ламм, Н.А. Усманова // Станки и инструменты. – 1971. – №11. – С.31-38.
6. Щербаков, В.Ф. Энергосберегающие гидроприводы строительных и дорожных машин / В.Ф. Щербаков // Строительные и дорожные машины. – 2011. – № 11. – С. 43-44.
7. Руппель, Е.Ю. Курс высшей математики. Часть 2: учеб. пособие / Е.Ю. Руппель. – СибАДИ. – Омск, 2001. – 228 с.

THE APP SERIES FOR CALCULATION OF KINETIC ENERGY RECOVERY WHEN USING A GAS HYDRAULIC ACCUMULATOR

E.Ju. Ruppel'

**Abstract.** The paper proposes a method for solving a mathematical model using gas hydraulic battery energy recovery kinetic reduced mass construction machinery. In this article it is proved that the use of battery gas hydraulic to recover the kinetic energy of the piston, which shows the mass of the moving parts of the machine can reduce engine power when accelerating. An example of calculation power required for an internal combustion engine in the presence of a vehicle acceleration of recovery.

**Keywords:** gas hydraulic accumulator, recovery system, the power of the engine.

References

1. Alekseeva T.V., Remizovich Ju.V., *Sherman Je.B. Ispol'zovanie principa akumulirovanija jenergii v sisteme upravlenija zemlerojno- SDM transportnoj mashiny* [Use of the principle of accumulation of energy in a control system of digging SDM of the transport vehicle]. Omsk, 1969. pp. 70–75.
2. Alekseeva T.V. *Gidroprivod i gidroavtomatika zemlerojno-transportnyh mashin* [Hydraulic actuator and hydroautomatic equipment of digging transport vehicles]. Moscow, Mashinostroenie, 1966. - 147 p.
3. Shherbakov V.F. *Rekuperativnaja sistema privoda gidropod'jomnyh mashin* [Recuperative system of the drive of hydrohoist engines]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2008, no 9. pp. 49-51.
4. Hmara L.A. *Primenenie akkumuljatorov potencial'noj jenergii v stroitel'nyh mashinah (na primere odnokovshovogo jekskavatora)* [Use of accumulators of potential energy in construction cars (on the example of the odnokovshovy excavator)]. *Stroitel'stvo. Materialovedenie. Mashinostroenie: sbornik nauch. tr. Vyp. 33. Intensifikacija rabo-chih processov stroitel'nyh i dorozhnyh mashin*. PGASA. Dnepropetrovsk, 2005. pp. 17-33.
5. Lamm V.Ju., Usmanova N.A. *Modelirovanie gidroprivoda s akkumuljatorom reversa*. [Modeling of a hydraulic actuator with the reverse accumulator]. *Stanki i instrument*, 1971, no 11. pp. 31-38.
6. Shherbakov V.F. *Jenergoberegajushhie gidroprivody stroitel'nyh i dorozhnyh mashin* [Energy saving hydraulic actuators of construction and road cars]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2011, no 11. pp. 43-44.
7. Ruppel' E.Ju. *Kurs vysshej matematiki* [Course of the higher mathematics]. SibADI. Omsk, 2001. 228 p.

*Руппель Елена Юрьевна (Россия, г. Омск) – доцент кафедры «Высшая математика» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (646800, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: ruppelsan@mail.ru).*

*Ruppel. E.U. (Russian Federation, Omsk) – associate professor, associate professor Department of mathematics, of The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, e-mail: ruppelsan@mail.ru).*



## РАЗДЕЛ IV

# ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 331.2

### ГЕНДЕРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ В ОПЛАТЕ ТРУДА: РЕГИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ

Н.В. Боровских<sup>1</sup>, Е.М. Авласович<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АНО ВПО Омский экономический институт г. Омск, Россия;

<sup>2</sup>ФГОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина г. Омск, Россия.

**Аннотация.** Представлен анализ рынка труда и прогноз его развития в Омской области. Проанализировано три группы факторов, влияющих на гендерные различия в заработной плате на уровне региона, гендерные различия в человеческом капитале, концентрации занятых мужчин и женщин в разных отраслях экономики, в разных профессиях и на разных должностях, уделено внимание вопросам дискриминация женщин на рынке труда.

**Ключевые слова:** рынок труда, гендерная дискриминация, гендерная асимметрия, человеческий капитал.

#### Введение

Обеспечение гендерного равенства является одним из факторов достижения устойчивого развития и эффективного экономического роста страны и региона. Несмотря на внимание международных организаций к проблемам гендерного неравенства, профессиональной сегрегации и недоиспользования человеческого капитала женщин в экономике, большинство стран не в состоянии преодолеть барьеры на пути к равноправию мужчин и женщин. Установлено, что достижение гендерного баланса повышает устойчивость экономики не только на макро-, но и на мезо- и микроуровнях, поскольку является важным фактором социально-экономического развития. В экономической литературе, посвященной анализу гендерных различий в оплате труда, сложилось три основных объяснения неравенства женщин в заработной плате. Первое – это различия в человеческом капитале между мужчинами и женщинами; второе – концентрация занятых мужчин и женщин в разных отраслях экономики, в разных профессиях и на разных должностях; третье – дискриминация женщин на рынке труда.

Целью нашего исследования является анализ перечисленных факторов гендерных различий в оплате труда на уровне региона, выявление и оценивание других причин дифференциации зарплат среди мужчин и женщин.

#### Факторы гендерных различий в оплате труда

Как известно, в большинстве стран женщины традиционно больше мужчин занима-

ются домашним хозяйством (в том числе и уходом за детьми), поэтому они имеют меньше возможностей, чем мужчины, аккумулировать знания и навыки, которые пользуются спросом на рынке труда. При этом можно ожидать, что чем больше домашняя нагрузка женщины, тем в большей степени она утрачивает навыки, полезные для рынка труда. Следует также отметить, что женщины имеют меньше стимулов инвестировать в обучение на работе, так как ожидается, что рабочая карьера у них будет короче, чем у мужчин, и в ней будут перерывы. С другой стороны, работодатели также склонны меньше инвестировать в таких работников из-за большего риска того, что сделанные инвестиции могут не окупиться. Все это приводит к тому, что женщины аккумулируют меньше человеческого капитала, чем мужчины, и поэтому, в соответствии с теорией человеческого капитала, их труд оплачивается ниже, чем труд мужчин [1].

Исходя из анализа структуры занятости в странах и регионах, можно говорить о том, что работники-женщины концентрируются в определенных отраслях экономики и (или) определенных профессиях и типах должностей. В этом случае объяснение разницы в средних уровнях оплаты труда между мужчинами и женщинами сводится к двум моментам: объяснению межотраслевых и межпрофессиональных различий в оплате труда и объяснению неравномерного распределения мужчин и женщин по различным типам рабочих мест. Межотраслевые различия в оплате труда часто принимаются как данные, а инте-

рес представляют причины различий в гендерной структуре занятости.

Неравномерное распределение мужчин и женщин по отраслям и профессиям может быть объяснено с точки зрения теории человеческого капитала [1,2,3]: женщины предпочитают рабочие места, где требуется меньше инвестиций в развитие навыков (особенно специфических навыков) вследствие прерывной и менее продолжительной, чем у мужчин, рабочей карьеры. С другой стороны, самим работодателям не выгодно делать инвестиции в таких работников и нанимать их на работу. Наём работников-женщин может повлечь за собой более высокие по сравнению с работниками-мужчинами прямые и косвенные издержки для работодателей. Известно, что женщины в среднем чаще опаздывают на работу, более требовательны к условиям труда и социальному пакету и менее гибки в отношении работы в сверхурочное время, чем мужчины.

Неравномерное распределение может объясняться также с точки зрения теории компенсирующих различий. На рабочих местах, где в меньшей степени требуются тяжелые физические усилия, более короткая рабочая неделя, предоставляется определенный социальный пакет, направленный, в том числе, на (частичную) компенсацию издержек по содержанию детей, женщин можно встретить с большей вероятностью, чем на других работах. В этом случае неденежные характеристики способны в определенной мере компенсировать более низкую оплату труда и, таким образом, объяснить, почему низкооплачиваемые рабочие места могут быть выбраны женщинами. Многие исследования показывают, что различия в человеческом капитале и отраслевая и профессиональная гендерная асимметрия занятости объясняют большую часть различий в заработной плате между мужчинами и женщинами. Тем не менее, существенная часть тендерных различий остается необъясненной этими факторами. Этот остаток принято объяснять дискриминацией женщин. Проанализируем для Омской области действие перечисленных факторов на гендерные различия в оплате труда.

### **Анализ трудовых ресурсов Омской области**

Численность основного источника формирования трудовых ресурсов в регионе – трудоспособного населения в трудоспособном возрасте – в 2013 году уменьшилась по сравнению с 2009 годом на 97,3 тыс. человек и составила 1128,8 тыс. человек [4,5]. Ежегодные потери этой части населения в Омской

области за период 2005-2013 гг. составили более 24 тыс. человек, причем они носят долгосрочный характер, обусловленный снижением показателей рождаемости в 1990-х годах, а также неблагоприятным сочетанием поколений на входе в трудоспособный возраст и на выходе из него. Более того, наблюдается не только количественное сокращение трудоспособного населения, но и его качественное ухудшение – старение экономически активной части населения.

По прогнозу, в 2017 году по сравнению с 2013 годом в регионе численность трудоспособного населения в трудоспособном возрасте в Омской области сократится на 42,0 тыс. человек (или на 3,7 процента) и составит 1086,8 тыс. человек. Вместе с тем сокращение трудовых ресурсов области частично компенсировалось увеличением численности работающих пенсионеров и подростков, а также иностранных трудовых мигрантов, в том числе соотечественников. В 2013 году в Омской области число работающих пенсионеров и подростков насчитывало 86,9 тыс. человек, и по сравнению с 2009 годом данная категория работающего населения увеличилась на 29,3 тыс. человек. По прогнозу, в 2017 году по сравнению с 2013 годом численность работающих граждан, находящихся за пределами трудоспособного возраста, увеличится еще на 9,6 тыс. человек (или на 11 процентов) и составит 96,5 тыс. человек [6]. За 2009 – 2013 годы произошли изменения в структуре занятости населения Омской области. За указанный период отмечено снижение численности занятых в таких видах деятельности, как добыча полезных ископаемых (на 16,7 процента), предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг (на 13,1 процента), государственное управление и обеспечение военной безопасности, социальное страхование (на 6,9 процента), транспорт и связь, и образование (по 6,3 процента), производство и распределение электроэнергии, газа и воды (на 5,9 процента), здравоохранение и предоставление социальных услуг (на 5,4 процента), сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство (на 4,3 процента), обрабатывающие производства (на 3,2 процента). При этом возросла численность занятых в сфере рыболовства и рыбоводства (на 50 процентов), операций с недвижимым имуществом, аренды и предоставления услуг (на 25,8 процента), строительства (на 19,2 процента), финансовой сфере (на 13,2 процента), оптовой и розничной торговли, ремонта автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и

предметов личного пользования (на 5 процентов), деятельности гостиниц и ресторанов (на 1,2 процента).

**Анализ факторов гендерных различий оплаты труда в Омской области**

Отраслевая асимметрия оплаты труда мужчин и женщин на уровне региона выражена очень ярко (рис 1). С точки зрения теории,

это можно объяснить разной сложностью и условиями труда, но, как считают авторы исследований [7], более половины наблюдаемого гендерного разрыва в оплате труда не может быть объяснено различием в характеристиках производительности труда между мужчинами и женщинами.

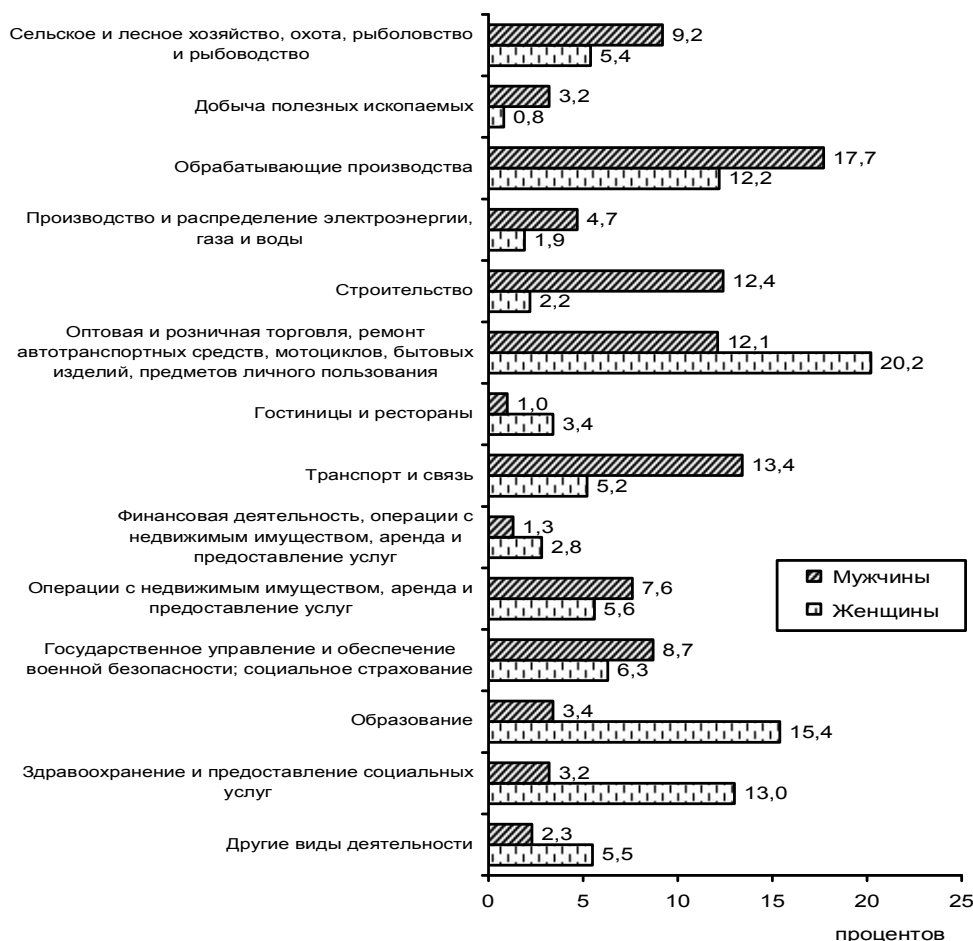


Рис 1. Структура занятости мужчин и женщин в экономике по видам экономической деятельности на основной работе в 2013 г.

Согласно данным Росстата (2013 г.) по гендерному распределению занятости традиционно мужскими отраслями являются рыболовство, где 88,2% от занятых составляют мужчины, строительство - 85,2% мужчин, добыча полезных ископаемых - 79,9%, транспорт и связь - 73,0%, Производство и распределение электроэнергии, газа и воды - 71,6%, сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство - 63,2%. Женские отрасли – это образование - 81,5% женщин, здравоохранение и предоставление социальных услуг - 79,9%, гостиницы и рестораны - 77,0%, предоставление прочих коммунальных, социальных и других

услуг - 69,5%, Финансовая деятельность - 67,4%. Такая ситуация характерна для 2005-2013 г.г. и практически не меняется и в настоящий период времени.

Сопоставление структуры занятости с распределением оплаты труда по отраслям показывает, что отрасли, отнесенные к мужским имеют уровень оплаты выше среднего, а к женским – ниже среднего. Исключение представляет только финансовая деятельность: здесь среднемесячная номинальная заработная плата составляет 222% от уровня средней по России, это самый высокий результат по отраслям.

Некоторые исследователи [8] отмечают, что в России наиболее богатые регионы имеют наибольший гендерный разрыв в оплате на рынке труда и наименьшее представительство женщин в органах власти. По данным 2013 г., в Омской области относительно умеренная дифференциация сохранилась: больше всего зарабатывают работники сферы добычи полезных ископаемых - 43530 руб. Но здесь занято менее 0,1% населения области (около 400 человек), финансового сектора - 36 003 руб. – это также немногочисленная группа населения -15500 человек (1,6%) -и государственного управления - 32 671 (5,7% населения). Учёт разной численности занятых по регионам страны в той или иной отрасли позволит только частично объяснить наличие региональной дифференциации оплаты труда населения. Например, в Омской области в 2013 г. меньше всех зарабатывают работники сельского хозяйства - 13 439 руб., а это почти самая многочисленная занятая населения области, 141,3 тыс.человек (15%). Заработная плата этой отрасли от среднеобластного уровня составляет всего 57,7%. Максимальный уровень зарплаты в 2013 г. достигнут в организациях сельского хозяйства Кормиловского (более 20 тыс. рублей), Омского (свыше 19 тыс. рублей) и Азовского районов (почти 16, 7 тыс. рублей). Среди регионов Сибирского Федерального округа по уровню среднемесячной заработной платы Омская область за 2013 год переместилась с 5 на 4 место, опережая Кемеровскую область. При этом средняя зарплата омских аграриев выше, чем в Новосибирской области на 26%, в Алтайском крае – на 16,1%. Самая большая группа в Омской области численностью 141,9 тыс. человек занята в оптовой и розничной торговле, ремонтом автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования. Здесь традиционно женщины составляют более 60% и получают заработную плату выше средней на 7,2%, в то время как в целом по России работники этой сферы получают всего 81% зарплаты от среднероссийского уровня.

В обрабатывающем производстве Омской области занято 135.6 тыс.человек (14,4%), они зарабатывают 94,7% от среднеобластного уровня, но здесь ярко прослеживается дифференциация по женским отраслям и мужским. Например, работники текстильного и швейного производства зарабатывают меньше всего (39,7%), а производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования даёт возможность заработать

на 16% выше среднеобластного уровня. Неравномерное распределение по профессионально-квалификационным группам, как уже отмечалось, также проявляет асимметрию занятости среди мужчин и женщин и в наибольшей мере отражается на дифференциации оплаты труда. Анализ этого распределения позволяет сделать интересные выводы, подтверждающиеся статистическими исследованиями.

### **Гендерные различия отдачи от вложений в человеческий капитал**

Сглаживающим эффектом (сокращение гендерного разрыва на 10%) на дифференциацию оплаты труда выступает большая отдача от вложений в человеческий капитал у женщин, чем у мужчин. Преимущество в накопленном человеческом капитале занятых женщин проявляется при гендерном анализе уровня образования, занятости по профессионально-квалификационным группам и стажу работы. Проведенный нами анализ структуры занятых по уровню образования показывает, что доля занятых женщин с высшим образованием (34,2%) и средним профессиональным образованием (31,2%) выше, чем у мужчин (соответственно 26,7% и 21,4%). Более половины занятых мужчин имеют только начальное профессиональное образование или общее основное, а среди занятых женщин таких всего 34,3%. Более того, число женщин занятых на квалифицированных должностях выше. Исследования показывают, что женщины, занимая более высокий профессионально-должностной уровень, выигрывают в оплате труда больше, чем мужчины. Воспользуемся данными госкомстата за 2013 г. о численности занятых по группам занятий. Специалисты высшего уровня квалификации - 61,8% - женщины (в т.ч.: специалисты высшего уровня квалификации в области биологических, сельскохозяйственных наук и здравоохранения – 64,4% женщин, специалисты высшего уровня квалификации в области образования – 79,3% женщин, прочие специалисты высшего уровня квалификации – 70,5%); исключение - специалисты высшего уровня квалификации в области естественных и технических наук - 68,6% - мужчины. Специалисты среднего уровня также представлены в большей части женщинами – 67,7% (в т.ч.: специалисты среднего уровня квалификации и вспомогательный персонал в области естественных наук и здравоохранения – 91,8%, специалисты среднего уровня квалификации в сфере образования – 94,2%), исключение - специалисты среднего уровня квалификации физи-

ческих и инженерных направлений деятельности – 74,4% мужчины. Перевес в сторону занятости мужчин характерен для более низких уровней квалификации: рабочие жилищно-коммунального хозяйства – 70,8% мужчины, квалифицированные рабочие промышленных предприятий, строительства, транспорта, связи, геологии и разведки недр – 80,1% мужчины, рабочие, занятые на горных, горно-капитальных и на строительно-монтажных и строительно-ремонтных работах – 89,5% мужчин. В пользу большей отдачи от вложений в человеческий капитал у женщин свидетельствует анализ стажа работы, т.к. у женщин величина стажа общего и на текущем месте работы немного выше, чем у мужчин. Например, 10 и более лет на последнем месте работает 37,3% женщин и 31,8% мужчин. При этом уровень экономической активности мужчин, как правило, выше: 51,2%, а у женщин – 48,8%. В Омской области женщины составляют 53,8% населения, из населения трудоспособного возраста 51% - мужчины и 49% - женщины. Старше трудоспособного возраста также больше женщин (72,2%), моложе трудоспособного возраста больше мужчин (51,4%). По данным госкомстата РФ, средний возраст экономически активного населения для мужчин и женщин абсолютно одинаковый – 39,6 лет. Показатель среднего возраста выравнивается за счет того, что из экономически активных в нетрудоспособном возрасте 65-72 года женщины составляют 52,9%, в то время как среди мужчин значительный перевес в экономической активности в более молодых возрастных группах: в 15-19 лет доля мужчин – 60,2%, в 20-24 года – 56,1%, в 25-29 лет – 53,9%. Необходимо обязательно учесть и тот момент, что в группу трудоспособного экономически неактивного населения среди женщин попадают 25,5% - это лица, ведущие домашнее хозяйство, что вполне соответствует положению и обязанностям женщины в семье, и что объясняет причину более низкой продолжительности рабочей недели, а также меньшее количество женщин на «всецело поглощающих», руководящих должностях. Среди трудоспособных экономически неактивных мужчин всего 1,5% занятых домашним хозяйством.

Одинаковый уровень экономической активности мужчин и женщин доказывает и тот факт, что уровень безработицы по мужчинам и женщинам за последние годы практически одинаков, с незначительным перевесом в сторону мужчин – 5,8%, а среди женщин – 5,1%. В Омской области ситуация иная, по

данным Росстата, 7,2% - уровень женской безработицы и 6,5% - уровень мужской.

Однако, как показывает практика, проблема устройства на работу среди женщин существует, и в данном случае вступает в действие фактор семейного положения, усиливающий гендерную дискриминацию. Известно, что при приеме на работу задается вопрос о состоянии в браке и наличии детей до 7 лет, ответ, сопоставляющийся с возрастом устраиваемой на работу женщины, может привести к затруднениям при найме. Кроме того, проведенные эконометрические исследования выявили, что состояние в браке оказывает положительный эффект на зарплату мужчин, а наличие маленьких детей оказывает отрицательный эффект на зарплату женщин. Официально безработная женщина трудоустраивается 7,5 месяца, тогда как мужчина - 6,9; их доля среди нетрудоустроенных свыше 8 месяцев составляет 2/3. Уровень необъяснимых различий в оплате труда мужчин и женщин среди работников до 30 лет существенно выше, чем в других возрастных группах. Доля занятых в возрасте от 15 до 29 лет мужчин выше (25,2%), чем у женщин (21,4%), это можно объяснить наибольшей вероятностью в этом возрасте иметь детей до семи лет. Данные о вакансиях биржи труда Омской области показывают высокую степень высвобождения работников тех отраслей, где преимущественно используется женский труд (легкая и пищевая промышленность, сфера обслуживания). Стаж работы более 5 лет, переход в категорию специалистов среднего и высшего уровня квалификации сокращает гендерную дифференциацию оплаты труда и, согласно исследованиям, существенно снижает уровень необъяснимых гендерных различий. И всё-таки приходится признать, что дискриминация оплаты труда по гендерному признаку существует и является проблемой.

#### **Заключение**

Во всем мире, в России в целом, в отдельных регионах, в том числе и в Омской области пути решения проблемы гендерной дискриминации нашли некоторое отражение в ряде проектов. На общенациональном уровне была принята концепция по улучшению положения женщин, демографического развития РФ в период до 2015 года. Российский офис Программы развития ООН разработал Гендерную стратегию России, в которой отмечается необходимость проведения широкомасштабных национальных и международных информационных акций и просветительских кампаний, направленных на повышение

уровня гендерной культуры российского общества и социальной ответственности средств массовой информации. Вопросы гендерного равенства часто являются предметом обсуждения на заседаниях комиссии Территориального Общественного Объединения Федерации Омских Профсоюзов (ТОО ФОП) по вопросам социальной защиты женщин, а также в членских организациях ТОО ФОП. Постоянные комиссии по гендерному равенству, созданные в ТОО Федерации омских профсоюзов и более чем в 250 профсоюзных организациях крупных предприятий города, регулярно проводят заседания, на которых решают практические вопросы положения работающих женщин, изучают опыт работы, распространяют методические материалы. В рамках ведомственной целевой программы "Содействие занятости населения Омской области" реализуется дополнительные мероприятия в области содействия занятости населения по организации профессионального обучения отдельных категорий граждан, не зарегистрированных в качестве безработных, в том числе женщин, находящихся в отпуске по уходу за ребёнком до достижения им возраста трёх лет. Существует закон Омской области "Об отдельных вопросах осуществления полномочий в области содействия занятости населения и о внесении изменений в статью 5 Закона Омской области "О квотировании рабочих мест в Омской области». При всем внимании к проблеме гендерной дискриминации во всем мире статистика Европейской комиссии по равноправию говорит о небольшой эффективности принимаемых мер; за последние 25 лет разница между заработной платой мужчин и женщин сократилась лишь на 2%, следовательно, труд мужчин и женщин будет одинаково оплачиваться через 187 лет. Необходимы определенные меры как законодательно-правового, так и экономического характера [9], позволяющие учитывать особенности женского занятости; продолжительность рабочего дня, количество и возраст детей, снижение квалификации в случае декретного отпуска и др. На рынке труда требуются меры, позволяющие усовершенствовать политику занятости и изменить структуру спроса на труд, практику найма и продвижения персонала, повысить престижность занимаемых женщинами должностей. Кроме того, следует осуществлять государственный статистический мониторинг производительности труда в гендерном разрезе.

#### Библиографический список

1. Ощепков, А.Ю. Гендерные различия в оплате труда в России / А.Ю. Ощепков // Экономический журнал высшей школы экономики. – 2006. – том 10, № 4. – С. 590 – 619.
2. Абдрахманова, Д.Р. Проблема неравенства в уровнях оплаты труда и ее причины / Д.Р. Абдрахманова, И.И. Нуртдинов // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2014. – Том 2, № 5. – С. 168-171
3. Богорубова, Т.А. Конституционные права граждан; проблемы гендерной дискриминации в современном трудовом праве / Т.А. Богорубова // Правовая культура. – 2012. – № 2 (13). – С. 175-180.
4. Официальный портал Правительства Омской области. – Режим доступа: <http://gszn.omskportal.ru/>
5. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Омской области. – Режим доступа: <http://omsk.gks.ru/>
6. Боровских, Н.В. Экономически активное население: региональный аспект / Н.В. Боровских, Ю.В. Шляпина // Наука XXI века: тенденции и перспективы сборник материалов международной научной конференции Омск, 2014. – С. 34-39.
7. Панов, А.М. Гендерный анализ Российского рынка труда / А.М. Панов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2014. – том 33, № 3. – С. 235-247.
8. Калабихина, И.Е. Почему важно развивать институты гендерного равенства в России / И.Е. Калабихина // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. – 2011. – № 1. – С. 149-176.
9. Шабунова, А.А. О гендерной дифференциации заработной платы на рынке труда / А.А. Шабунова, А.И. Россошанский // Проблемы развития территорий. – 2013. – № 5 (67). – С. 50-56.

#### GENDER DIFFERENCES IN PAYMENT FOR LABOUR: A REGIONAL ASPECT

N.V. Borovskikh, E.M. Avlasovich

**Abstract.** The authors present an analysis of labour market and prognosis of its development in Omsk region. The authors have analyzed three groups of factors influencing gender differences in a salary on the region's level, gender differences in human capital, concentration of employed men and women in various sectors of economy, professions and positions. The authors also give attention to women's discrimination on the labour market.

**Keywords:** labour market, gender discrimination, gender asymmetry, human capital.

#### References

1. Oshhepkov A.Y. Gendernye razlichija v oplate truda v Rossii [Gender differences in payment for labour in Russia]. *Jekonomiche-skij zhurnal vysshej shkoly jekonomiki*, 2006, no 4. pp. 590 – 619.
2. Abdrakhmanova D.R., Nurtidinov I.I. Problema neravenstva v urovnjah oplaty truda i ee prichiny

[Problem of inequality in payment for labour's levels and its causes]. *Fundamental'nye i prikladnye issledovanija v sovremennom mire*, 2014, no 5. pp. 168-171.

3. Bogorubova T.A. Konstitucionnye prava grazhdan; problemy gendernoj diskriminacii v sovremennom trudovom prave [Constitutional rights of citizens; problems of gender discrimination in modern labour law]. *Pravovaja kul'tura*, 2012, no 2 (13). pp. 175-180.

4. Oficial'nyj portal Pravitel'stva Omskoj oblasti [The official portal of the Government of Omsk region]. Available at: <http://gszn.omskportal.ru/>

5. Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Omskoj oblasti [Territorial body of the Federal State Statistics Service in Omsk Region]. Available at: <http://omsk.gks.ru/>

6. Borovskih N.V., Shljapina Y.V. Jekonomicheski aktivnoe na-selenie: regional'nyj aspekt [Economically active population: regional aspect]. *Nauka XXI veka: tendencii i per-spektivysbornik materialov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii*, Omsk, 2014. pp. 34-39.

7. Panov A.M. Gendernyj analiz Rossijskogo rynka truda [Gender analysis of the Russian labor market]. *Jekonomicheskie i social'nye peremeny: fakty, tendencii, prognoz*, 2014, no 3. pp. 235-247.

8. Kalabikhina I.E. Pochemu vazhno razvivat' instituty gendernogo ravenstva v Rossii [Why it is important to develop institutions of gender equality in Russia]. *Nauchnye issledovanija jekonomičeskogo fakul'teta. Jelektronnyj zhurnal*, 2011, no 1. pp.149-176.

9. Shabunova A.A., Rossoshanskij A.I. O gendernoj differenciacii zarabotnoj platy na rynke truda [On the gender differentiation of a salary on the labour market]. *Problemy razvitiya territorij*, 2013, no 5 (67). pp. 50-56.

*Боровских Нина Владимировна (Россия, Омск) – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой «Бухгалтерский учет и финансы» АНО ВПО Омский экономический институт (644112, Омск, пр. Комарова, 13, e-mail: Ninabor\_omsk@mail.ru).*

*Авласович Елена Михайловна (Россия, Омск) – кандидат экономических наук, доцент кафедры философии, истории, экономической теории и права ФГБОУ ВПО Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина (644008, Омск, ул. Сибакоевская 4, e-mail: avllena@yandex.ru).*

*Borovskikh Nina Vladimirovna (Russian Federation, Omsk) – doctor of economic sciences, professor, head of the department "Accounting and finances", Omsk economic institute (644112, Omsk, prospect Komarova, 13, e-mail: Ninabor\_omsk@mail.ru).*

*Avlasovich Elena Mikhailovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of economic sciences, associate professor of the department of philosophy, history, economic theory and law, Omsk state agrarian university n.a. P.A. Stolypin (644008, Omsk, Sibakovskaya st. 4, e-mail: avllena@yandex.ru).*

УДК 656.07

### СТОИМОСТНЫЕ И ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЫБОРА ГРУЗОВЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

О.В. Быкова, Д.И. Заруднев  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема выбора подвижного состава на основе стоимостных и натуральных показателей при доставке грузов автомобильным транспортом. Актуальность данного вопроса обоснована сравнением эффективности функционирования бортового одиночного автомобиля и бортового автопоезда при доставке сыпучего строительного груза в городских условиях эксплуатации. Определена выработка в тоннах, затраты на перевозку, себестоимость перевозки 1 тонны и 1 тонно-километра.

**Ключевые слова:** себестоимость, эффективность перевозок, автотранспортная система, технико-эксплуатационные показатели, подвижной состав.

#### Введение

На уровне логистического менеджмента компании управление транспортировкой состоит из нескольких основных этапов: выбор способа транспортировки; выбор вида транспорта; выбор транспортного средства; выбор перевозчика и логистических партнеров по транспортировке; оптимизация параметров транспортного процесса [1].

Выбор рационального автотранспортного средства (АТС) является одним из главных вопросов, который решается при обосновании транспортно-технологических схем перевозки грузов. Он взаимосвязан с технологией подготовки к перевозке груза, упаковки, потребления, применения погрузо-разгрузочного оборудования, выполнения складских работ. Правильно выбранный под-

вижной состав должен обеспечивать минимум суммарных издержек на перемещение и хранение грузов по всей цепи движения материального потока.

Тем самым в правильности выбора модели транспортного средства для выполнения функциональных задач эксплуатируемого парка автомобилей заинтересована как сторона заказчика, так и перевозчика.

Несмотря на различия в стратегических целях функционирования сторон при решении задачи выбора подвижного состава интересы перевозчика и заказчика, как правило, совпадают, т.к. в качестве общих приоритетов выступают выполнение сроков доставки и минимизация транспортных издержек [2]. В работах отечественных исследователей можно проследить развитие подходов к проблеме выбора грузовых автотранспортных средств. Обычно выбор подвижного состава производят по двум группам критериев: техническим и экономическим [3,4,5,6]. Одним из основных, часто используемых критериев при выборе наиболее эффективного типа подвижного состава является себестоимость перевозок, которая выступает одним из основных факторов, определяющим конкурентоспособность компании. При сравнении различных типов подвижного состава в теории и практике достаточно часто рассматривается вопрос выбора между одиночным автомобилем и автопоездом. Многие авторы отмечают, что применение автопоездов приводит к повышению производительности подвижного состава и снижению себестоимости перевозок. Вместе с тем остаются недостаточно изученные вопросы, связанные с областями рационального применения данных типов автотранспортных средств.

### **Анализ влияние стоимостных и технико-эксплуатационных показателей на выбор автотранспортных средств**

Согласно существующим исследованиям преимущество автопоезда по стоимостным и технико-эксплуатационным показателям может проявляться на различных расстояниях в зависимости от соотношения технико-эксплуатационных параметров сравниваемых типов подвижного состава. При этом ряд ученых считает, что применение автопоезда

эффективно во всех случаях, когда имеется возможность перевозить большее количество груза, чем в одиночном автомобиле, и дорожные условия это позволяют [7,8,9]. Рассмотрим возможность выбора автотранспортных средств работе одиночного бортового автомобиля и автопоезда в составе бортового автомобиля и бортового прицепа на изолированных маршрутах с обратным не груженым пробегом, когда перемещение материалов, изделий, товаров и т.п. осуществляется от одного поставщика одному потребителю и при этом суточная потребность объекта в грузе сравнительно невелика, что позволяет использовать для ее освоения только один автомобиль (автопоезд) (микросистема согласно классификации разработанной в работах [10,11]).

Проанализируем какие изменения натуральных и стоимостных показателей будут получены при изменении длины груженой ездки при указанных условиях. Принимаем следующие исходные данные для сравнения в системе бортового автомобиля КАМАЗ-43253 и автопоезда КАМАЗ-43253 и прицепом НЕФА3-8332 при доставке сыпучего строительного груза при городских условиях эксплуатации: грузоподъемность КАМАЗ-43253 7,5 т; грузоподъемность автопоезда 15,4 (7,5+7,9) т; время погрузки-выгрузки КАМАЗ 43253 0,56 ч; время погрузки-выгрузки автопоезда 1,14 ч; техническая скорость бортового автомобиля и автопоезда 30 км/ч; длина маршрута в диапазоне 2...100 км; время работы системы 8 ч; коэффициент использования грузоподъемности бортового автомобиля и автопоезда 1,0.

Представленная на рисунке 1 зависимость выработки в тоннах от длины маршрута демонстрирует отсутствие точек пересечения функций выработки сравниваемых автотранспортных средств, т.е. равноценных расстояний перевозки в рассматриваемых условиях. На всем протяжении маршрута автопоезд имеет большую выработку, чем одиночный автомобиль, следовательно, сфера применения автопоезда в данном случае не ограничена. В целом это согласуется с существующими научными и практическими положениями [4,5,6,12].



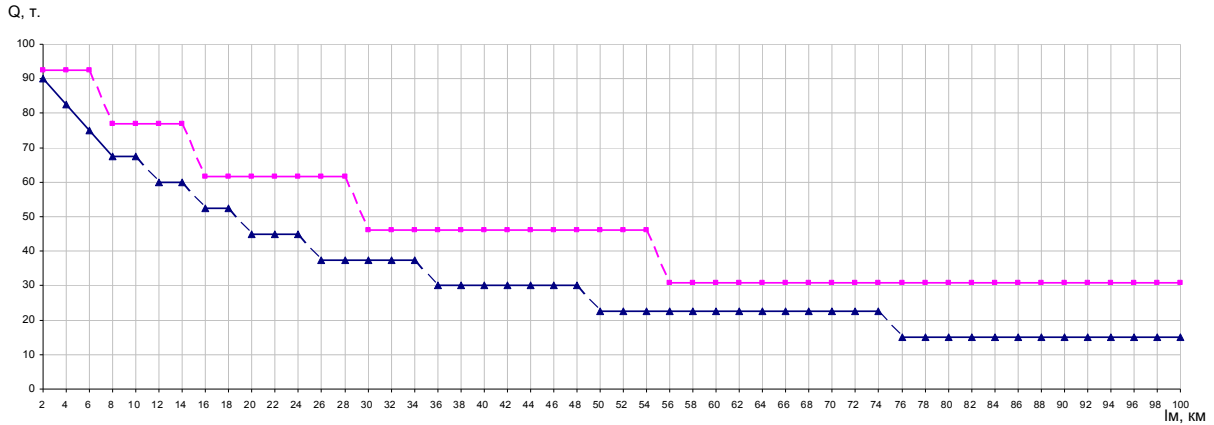


Рис. 1. Области применения бортового автомобиля и бортового автопоезда в микросистеме: —▲— КамАЗ-43253, —■— КамАЗ-43253 + НЕФАЗ-8332

Изменение затрат на перевозку, описанное кусочно-линейной функцией, представлены на рисунке 2. Видно, что преимущество по затратам имеет автопоезд до  $l_{ге} = 24,5$  км (условно область I), затем наблюдается область чередования превосходства по затратам

там одного и другого типов подвижного состава (область II). Следует отметить, что в диапазонах изменения  $l_m$  от 24,5 до 28,5 км; от 36 до 55,5 км и 74 до 100 км одиночный автомобиль имеет преимущества по затратам.

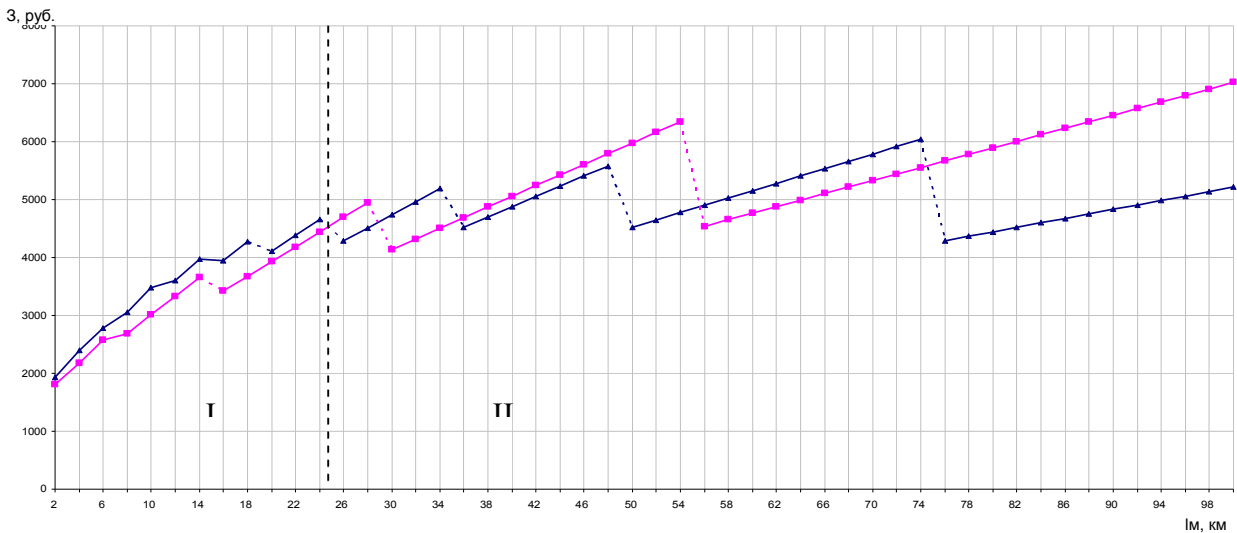


Рис. 2. Области применения бортового автомобиля бортового автопоезда в микросистеме (сравнение по затратам): —▲— КамАЗ-43253, —■— КамАЗ-43253 + НЕФАЗ-8332

Зависимость себестоимости перевозки 1 т груза в зависимости от длины маршрута для сравниваемых типов подвижного состава представлена на рисунке 3. Исследования, выполненные в работах [5, 13 и др.] показали,

что автопоезд имеет преимущество во всем рассматриваемом диапазоне изменения расстояния, при этом с ростом расстояния его превосходство перед одиночным автомобилем возрастает.

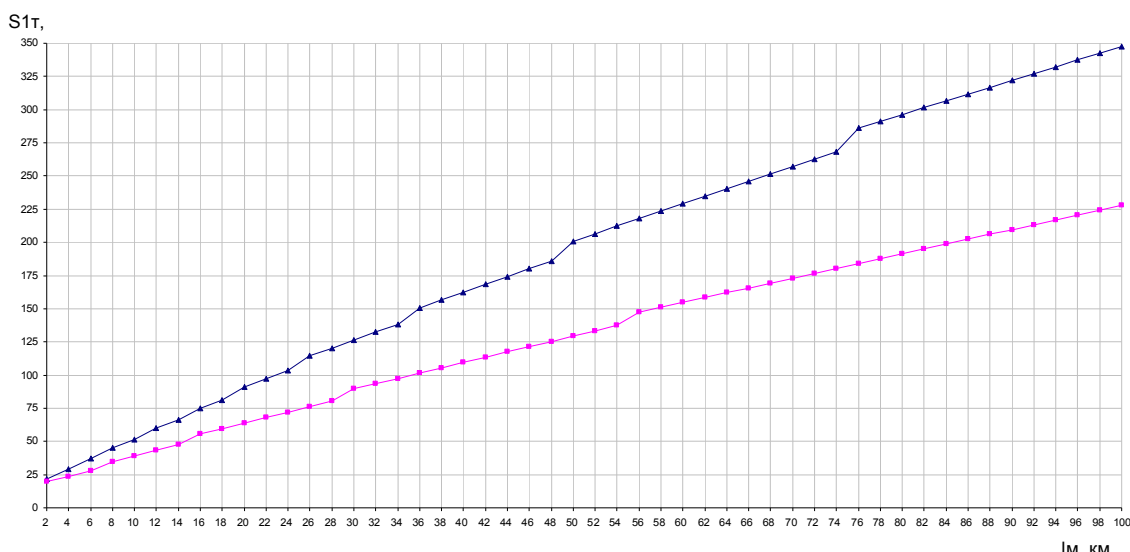


Рис. 3. Области применения бортового автомобиля бортового автопоезда в микросистеме (сравнение по себестоимости перевозки 1 т): —▲— КамАЗ-43253, —■— КамАЗ-43253 + НЕФАЗ-8332

Как видно из рисунка 3 с увеличением длины маршрута себестоимость возрастает. При этом возможно и пересечение линий себестоимости при очень малом значении длины маршрута (2 км). Снижение себестоимости перевозок груза автопоездом объясняется тем, что рост объема перевозимого груза опережает увеличение затрат при его эксплуатации. Однако возможно и пересечение линий себестоимости при очень малом значении

длины маршрута ( $l_m \approx 2-3$  км). Данное пересечение происходит, однако не в определенной точке, а в интервале изменения  $l_m$ .

При сравнении бортового автомобиля и бортового автопоезда в рассматриваемых условиях по критерию себестоимости 1 ткм транспортной работы (рисунок 4) так же наблюдается преимущество автопоезда во всем рассматриваемом диапазоне расстояний перевозки.

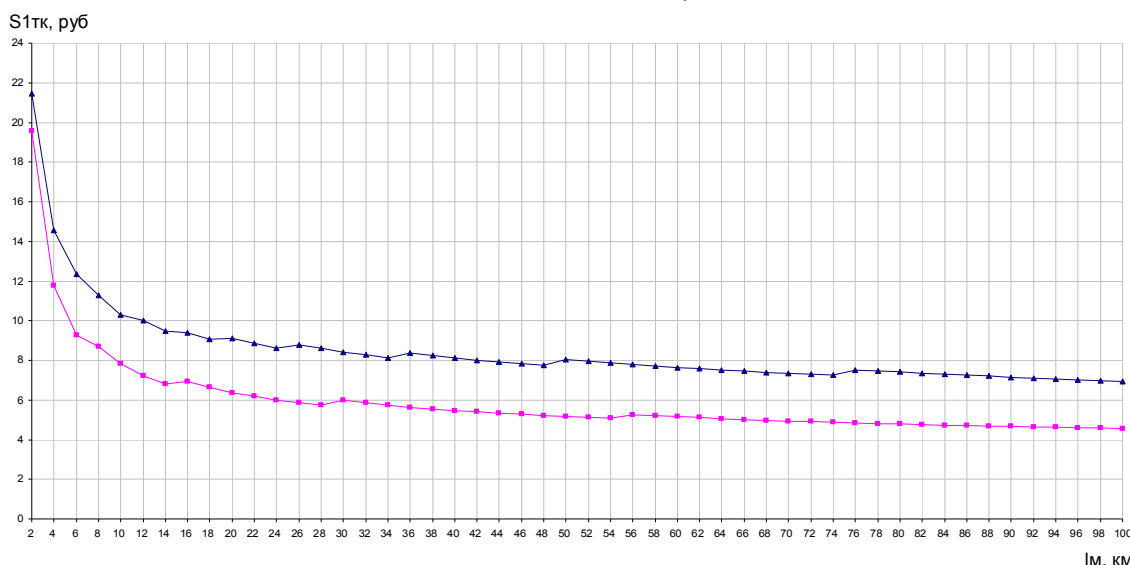


Рис. 4. Области применения бортового автомобиля и бортового автопоезда в микросистеме (сравнение по себестоимости 1 ткм): —▲— КамАЗ-43253, —■— КамАЗ-43253 + НЕФАЗ-8332

Единого расстояния, разграничивающая области рационального применения транспортных средств, по величине себестоимости 1 т и 1ткм в исследуемом примере не выявлено. При этом, так же как и в случае сравнения себестоимости перевозки 1 т груза, устойчивое, хотя и весьма незначительное пре-

имущество по рассматриваемому критерию автопоезд получает при длине маршрута около 2 км. При дальнейшем росте расстояния данное преимущество увеличивается. Области рационального применения подвижного состава, определенные по критериям себестоимости перевозки 1 т груза и себе-

стоимости выполнения 1 ткм транспортной работы, совпадают.

#### Заключение

По результатам исследования можно сделать определенный вывод. Во-первых, не подтверждается положение о преимуществе автопоезда на любых расстояниях перевозки груза, по крайней мере, по критерию эксплуатационных затрат. Во-вторых, отсутствует единственное значение равноценного расстояния, при котором себестоимость перевозок одинакова для автомобиля и автопоезда. Вместо этого существует диапазон, где чередуются участки превосходства по себестоимости одного и другого типа подвижного состава. Кроме того, результаты исследований показали, что область рационального применения подвижного состава может иметь место только по одному критерию (в данном примере – экономическому), а по другому может отсутствовать. В-третьих, наблюдается противоречивость результатов решения задачи по разным критериям – натуральным и экономическим. Данный факт требует разработки инструмента, который бы позволял осуществлять выбор подвижного состава с учетом всех параметров эффективности транспортного процесса.

#### Библиографический список

1. Корпоративная логистика в вопросах и ответах / Под общ. и науч. ред. проф. В.И. Сергеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2014. – XXX, 634 с.
2. Быкова, О.В. Выбор подвижного состава в практике работы ООО «Европейская транспортная компания» / О.В. Быкова, О.А. Акимова // *Фундаментальные и прикладные науки – основа современной инновационной системы*. 2015 г. – СибАДИ. – Омск, 2015. – С. 7 – 12.
3. Заруднев, Д.И. Особенности решения задачи выбора подвижного состава / Д.И. Заруднев, О.В. Быкова // *Формирование транспортно-логистической инфраструктуры*. Стратегическое направление повышения конкурентоспособности транспортного комплекса России: Материалы IV научно-практической конференции ФГБОУ ВПО «СибАДИ». 2013 г. – СибАДИ. – Омск, 2013. – С. 8 – 11.
4. Вельможин А.В. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 560 с.
5. Аникин, Б.А. Коммерческая логистика: учебник / Б. А. Аникин, А. П. Тяпухин; ГУУ, Оренбургский государственный университет. – М.: Проспект, 2006. – 432 с.
6. Организация и планирование грузовых автомобильных перевозок / Л.А. Александров, А.И. Малышев, А.П. Кожин, Е.П. Володин и др.; Под ред. Л.А. Александрова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986. – 336 с.

7. Воркут, А.И. Грузовые автомобильные перевозки / А.И. Воркут. – Киев: Вища школа, 1986. – 447 с.

8. Чеботаев, А.А. Специализированные автотранспортные средства: выбор и эффективность применения / А.А. Чеботаев. – М.: Транспорт, 1988. – 159 с.

9. Касаткин, Ф.П. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса: учеб. пособие / Ф.П. Касаткин, С.И. Коновалов, Э.Ф. Касаткина – 2-е изд. – М.: Академический проект, 2005. – 352 с.

10. Мочалин, С. М. Научные основы совершенствования теории грузовых автомобильных перевозок по радиальным маршрутам: монография / С.М. Мочалин; СибАДИ. – Омск: СибАДИ, 2003. – 246 с.

11. Николин, В.И. Грузовые автомобильные перевозки: Монография / В.И. Николин, Е.Е. Витвицкий, С.М. Мочалин. – Изд-во «Вариант-Сибирь», 2004. – 480 с.

12. Заруднев, Д.И. Методика выбора автотранспортных средств для перевозки грузов: дис. ...канд. техн. Наук. Волгоград, 2005. – 245 с.

13. Афанасьев, Л.Л. Единая транспортная система и автомобильные перевозки / Л.Л. Афанасьев, Н.Б. Островский, С.М. Цукерберг. – М.: Транспорт, 1984. – 336 с.

#### COST AND OPERATIONAL PARAMETERS OF CHOOSING CARGO VEHICLES

O.V. Bykova, D.I. Zarudnev

**Abstract.** The authors consider the problem of choosing a rolling stock on the basis of cost and natural parameters at delivering goods by automobile transport. The relevance of this question is justified by comparing effectiveness of functioning single board automobile and board articulated truck during delivery of friable construction goods in urban environment. The authors have determined delivery in tons, cost of transportation, prime cost of transportation of 1 ton and 1 ton-kilometers.

**Keywords:** prime cost, transportations efficiency, transport system, operational parameters, rolling stock.

#### References

1. *Korporativnaja logistika v voprosah i otvetah* [Corporate logistics in questions and replies / ed. and scientific]. Pod obshh. i nauch. red. prof. V.I. Sergeeva. – 2-e izd., pererab. i dop. Moscow, INFRA-M, 2014. HHH, 634 p.
2. Bykova O.V., Akimova O.A. *Vybor podvizhnogo sostava v praktike raboty ООО «Evropejskaja transportnaja kompanija»* [Choice of a rolling stock in practice of LLC "European transport company"]. *Fundamental'nye i prikladnye nauki – osnova sovremennoj innovacionnoj sistemy*, SibADI, Omsk, 2015. pp. 7 – 12.
3. Zarudnev D.I., Bykova O.V. *Osobennosti reshenija zadachi vybora podvizhnogo sostava* [Peculiarities of solving the problem of choosing a rolling stock]. *Formirovanie transportno-logisticheskoi infrastruktury. Strategicheskoe napravlenie*

*povysheniya konkurentosposobnosti transportnogo kompleksa Rossii: Materialy IV nauchno-prakticheskoy konferencii*, FGBOU VPO «SibADI», 2013, SibADI, Omsk, 2013. pp. 8 – 11.

4. Velmozhin A.V., Kulikov A.V., Mirotin L.B. *Gruzovye avtomobil'nye perezovki: ucheb. posobie dlja vuzov* [Trucking]. Moscow, Gorjachaja linija – Tel-ekom, 2006. 560 p.

5. Anikin B.A., Tyapukhin A.P. *Kommercheskaja logistika: ucheb-nik* [Commercial logistics]. GUU, Orenburgskij gosudarstvennyj universitet. Moscow, Prospekt, 2006. 432 p.

6. *Organizacija i planirovanie gruzovyh avtomobil'nyh perezovok* [Organization and planning of trucking]. L.A. Aleksandrov, A.I. Malyshev, A.P. Kozhin, E.P. Volodin i dr.; Pod red. L.A. Aleksandrova. 2-e izd., pererab. i dop. Moscow, Vysshaja shkola, 1986. 336 p.

7. Vorkut A.I. *Gruzovye avtomobil'nye perezovki* [Trucking]. Kiev: Vishha shkola, 1986. 447 p.

8. Chebotaev A.A. *Specializirovannye avto-transportnye sredstva: vybor i jeffektivnost' primenenija* [Specialized vehicles: the choice and efficiency of use]. Moscow, Transport, 1988. 159 p.

9. Kasatkin F.P., Konovalov S.I., Kasatkina E.F. *Organizacija perezovozchnyh uslug i bezopasnost' transportnogo processa: ucheb. posobie, 2-e izd.* [Transportation services and safety of transport process]. Moscow, Akademicheskij pro-ekt, 2005. 352 p.

10. Mochalin S. M. *Nauchnye osnovy sovershenstvovanija teorii gruzovyh avtomobil'nyh perezovok po radial'nyh marshrutam* [Scientific basics for improving the theory of trucking on radial routes]. SibADI. Omsk: SibADI, 2003. 246 p.

11. Nikolin V.I. Vitvickij E.E., Mochalin S.M. *Gruzovye avtomobil'nye perezovki* [Trucking] Izd-vo «Variant-Sibir», 2004. 480 p.

12. Zarudnev, D.I. *Metodika vybora avto-transportnyh sredstv dlja perezovki gruzov: dis. kand. tehn. nauk* [Methodology for selecting motor vehicles for transportation of goods: dis. candidate tech. sciences]. Volgograd, 2005. 245 p.

13. Afanas'ev L.L., Ostrovskij N.B., Cukerberg S.M. *Edinaja transportnaja sistema i avtomobil'nye perezovki* [Integrated transport system and trucking]. Moscow, Transport, 1984. 336 p.

*Быкова Ольга Валерьевна (Россия, Омск) – аспирант, ст. преподаватель кафедры «Логистика» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г.Омск, пр. Мира, 5).*

*Заруднев Дмитрий Иванович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Логистика» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г.Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kowalski@mail.ru).*

*Bykova Olga Valerievna (Russian Federation, Omsk) –graduate student, senior lecturer of the Logistics department, The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5).*

*Zarudnev Dmitriy Ivanovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Logistics", The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: kowalski@mail.ru).*

УДК 656:338.5

### ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАЗМЕР ДОХОДОВ АЭРОПОРТОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В РОССИИ

В.А. Губенко<sup>1</sup>, С.А. Бородулина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> «Институт Образования и Науки», Некоммерческое партнерство содействия развитию образования и науки «Институт образования и науки», Россия, г. Москва;

<sup>2</sup> Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики (НИИ ВШЭ) Россия, г. Санкт-Петербург.

**Аннотация.** В статье описаны факторы формирования доходов аэропортовых предприятий, которые оказывают непосредственное влияние на формирование доходов от авиационных услуг и неавиационных услуг в аэропортовой сфере бизнеса. Представлена статистика объемных показателей: число перевезенных пассажиров, объем перевозки грузов, которые оказывают влияние на величину аэропортовых сборов, представлены мнения экспертов и аналитиков рынка, приведен обзор проблем тарифообразования в данной сфере.

**Ключевые слова:** аэропортовые сборы, доходы, аэропортовые предприятия, тарифообразование, государственное регулирование, авиационные перевозки.

#### Введение

Актуальным вопросом в экономической сфере функционирования предприятий аэропортового бизнеса является обеспечение прозрачности и адекватности методики пла-

нирования доходов и ставок аэропортовых сборов. В связи с этим идентификация факторов, оказывающих влияние на формирование доходов аэропортов, является важной задачей экономического исследования. Вели-

чина доходов от аэропортовых услуг составляет основную долю доходов российских аэропортов. Рост аэропортовых сборов, являющихся главными элементами ценообразования при формировании авиационной части выручки аэропортов, особенно в региональных субъектах на фоне продолжающегося снижения пассажиропотока, снижает доступность региональных авиаперевозок.

### Способы исследования проблемы

Исследование аэропортовой сферы показывает, что с позиций ведения коммерческой деятельности аэропорт как предприятие представляет собой экономический субъект хозяйствования, отличающийся специфичным режимом работы, особой категорией потребителей товаров и услуг, что обеспечивает тем самым широкие возможности для получения дохода. Виды деятельности современного аэропорта описываются такими технологическими процессами как: прием и отправка пассажиров и все операции, непосредственно связанные с этим; прием и отправка грузов; подготовка самолетов к полету; подготовка экипажей к полету; вспомогательные процессы для обеспечения полетов, перевозок, обслуживания ВС.

Процессы, нацеленные на внешнего потребителя (авиакомпания, пассажиры аэропорта), участвуют в формировании доходов предприятия. В соответствии с Руководством по экономике аэропортов (*Doc 9562*) основные статьи дохода аэропортов составляют поступления от авиаперевозок и наземного обслуживания (АУ), а также доходы от неавиационных (согласно терминологии ICAO, «неаэронавигационных», НАУ) видов деятельности [1]. Аэропортовый сбор – это платеж, который взимается с пассажира и поступает в доход аэропорта. Аэропортовый сбор складывается из нескольких платежей: сбор за взлет-посадку (начисляется исходя из максимальной допустимой массы самолета), сбор за обслуживание пассажиров (начисляется на каждого пассажира рейса), сбор за обеспечение безопасности (может начисляться как на каждого пассажира, так и исходя из максимальной массы самолета), сбор за использование аэропортового комплекса (направляется на модернизацию аэропорта, строительство новых взлетно-посадочных полос ВПП и т.д.; начисляется на каждого пассажира) [2].

Размеры сборов устанавливаются главным оператором аэропорта. В аэропортах устанавливаются тарифы за наземное обслуживание, правила формирования и применения которых устанавливаются уполномоченным федераль-

ным органом исполнительной власти в области гражданской авиации, подлежат согласованию с главным оператором аэропорта. С лиц, осуществляющих деятельность в аэропорту, могут взиматься следующие виды платежей: концессионные платежи; инфраструктурные платежи; иные платежи. Ставки сборов, тарифов и платежей могут устанавливаться дифференцировано в зависимости от состава, объемов и характера потребляемых услуг [3]. Стоимостная основа аэропортовых сборов, тарифов и платежей определяется с учетом экономически обоснованных затрат по соответствующему сбору, тарифу, платежу, по виду услуг, включая расходы на содержание объектов аэропорта, внедрение инновационных технологий, арендную плату оператора аэропорта за пользование объектами инфраструктуры балансодержателю, а также с учетом нормативной прибыли оператора аэропорта, амортизационных отчислений и инвестиционных отчислений в развитие аэропорта [4].

Авиационные доходы формируются в ходе выполнения аэропортовых видов деятельности. На них существенное влияние оказывают факторы развития рынка, региона, ценообразования, в т.ч. государственного регулирования тарифов, способы формирования тарифов на услуги естественных монополий. Неавиационные доходы могут быть получены в результате осуществления неаэропортовых видов деятельности и оказания неавиационных услуг различным клиентам, они не подвержены влиянию указанных выше факторов развития рынка, однако, изменяются под влиянием факторов регионального развития и свободного ценообразования [5].

На наш взгляд, можно выделить следующие основные факторы, оказывающие влияние на доходы от функционирования аэропортовых предприятий, которые могут быть выражены через показатели пассажиропотока и влияющих на него факторов: динамики валютных курсов, величины тарифов и аэропортовых сборов, развития рынка туризма, доходов населения, демографических факторов и состояния экономики региона, ценовой внутриотраслевой (между различными видами транспорта) конкуренции, субсидии на авиаперевозки и пр.

Обусловленное современными кризисными явлениями в экономике страны снижение платежеспособного спроса на авиационные перевозки, сопровождающееся сокращением объемных показателей гражданской авиации и проблемами с рентабельностью авиакомпаний, привело к сокращению традиционных авиационных доходов аэропортов.

Динамика объемных показателей, определяющих авиационные доходы аэропортов-

лидеров данного рынка, по данным [6] приведена на рисунке 1-5.

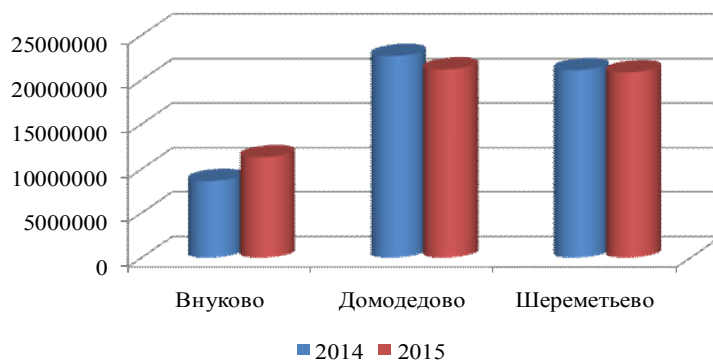


Рис. 1. Объемы перевозок пассажиров в аэропортах МАУ в январе-августе 2014-2015 гг., чел.

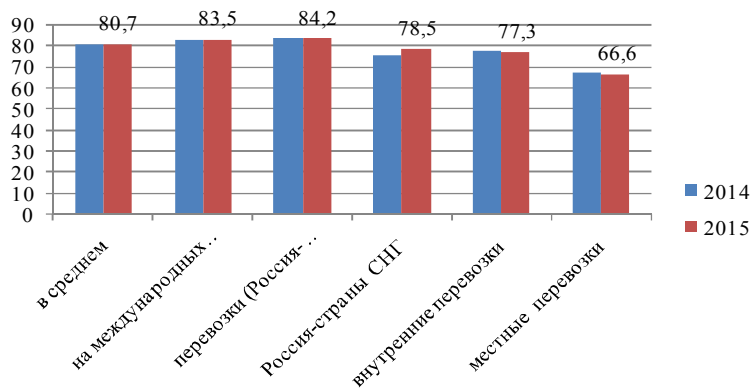


Рис. 2. Занятость пассажирских кресел, %

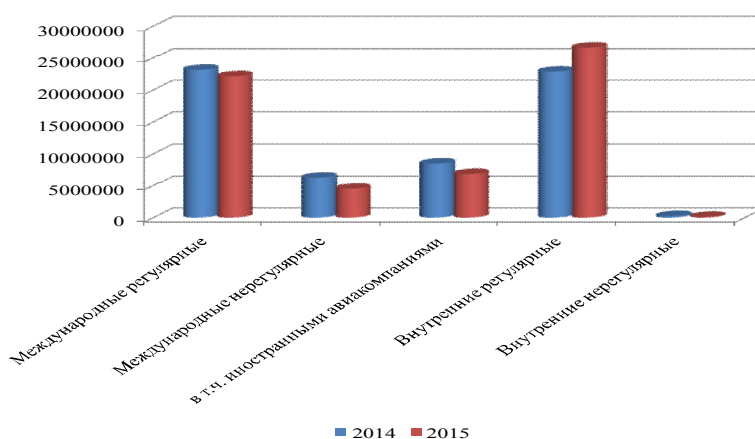


Рис.3. Объемы перевозок пассажиров (по видам перевозок) в аэропортах МАУ в январе-августе 2014-2015 гг., чел.

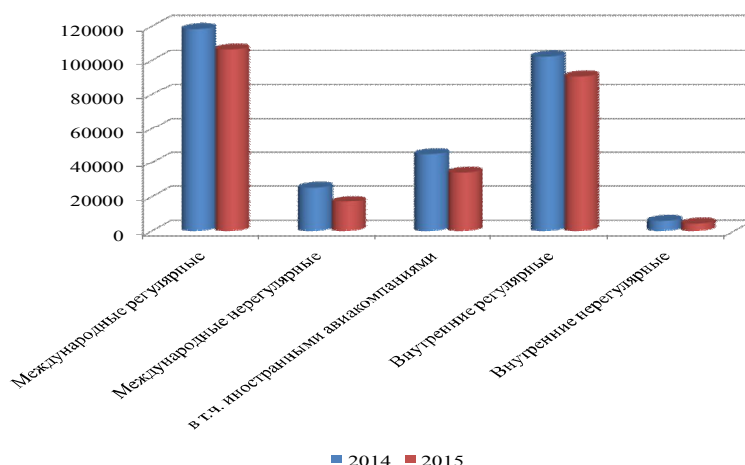


Рис.4. Объемы перевозок грузов (по видам перевозок) в аэропортах МАУ в январе-августе 2014-2015 гг., тыс. тонн



Рис. 5. Объемы перевозок пассажиров в январе-августе 2014-2015 гг., тыс. тонн

### Выводы и результаты исследования

В текущей ситуации топ-менеджменту аэропортов целесообразно пересмотреть стратегии развития, ориентируясь на максимизацию доходов за счет роста доли неавиационных услуг и доходов от них, которые могут быть получены от оказания услуг широкому кругу потребителей: бизнесу (*B2B*: авиаперевозчикам, предприятиям на территории аэропорта и пр.), а также *B2C*: (пассажиры, посетители и персонал аэропорта, жители ближайших населенных пунктов). Корпоративный спрос (*B2B*) зависит от уровня и состояния деловой активности региона, на которую оказывает влияние динамика валового регионального продукта, промышленного производства региона и внешней торговли, это имеет значение, прежде всего, на международных воздушных линиях (МВЛ). Личное потребление услуг воздушного транспорта

(*B2C*) в большей степени коррелирует с заработной платой и денежными доходами населения, а также с изменением валютных курсов (имеет значение для перевозок на МВЛ) [7]. Следует отметить также, что в течение нескольких последних лет тенденция увеличения доли неавиационных доходов (до 60–70%) характерна для большинства аэропортов мира, однако в России это направление активно развивается лишь аэропортами МАУ и некоторыми крупными региональными центрами (Толмачево, Кольцово и др.). Как правило, неавиационные доходы составляют лишь небольшую (до 30%) долю от всех доходов региональных аэропортов [8].

Для крупных узловых аэропортов проблема развития неавиационных видов деятельности стоит менее остро, чем для не узловых аэропортов с небольшим пассажиропотоком, где в силу объективных причин за-

труднено наращивание объемов перевозок. При этом в узловых аэропортах зачастую достаточно развита инфраструктура и имеются возможности для получения доходов. Необходимо лишь пересмотр подходов к управлению, чтобы сделать работу таких аэропортов экономически эффективной. В частности, факторы, оказывающие влияние на развитие неавиационных услуг и обеспечивающих соответствующий прирост доходов, помогают определить источники и перспективы развития неавиационных видов деятельности для каждого аэропорта. К факторам формирования доходов от неавиационных услуг относят следующие: доля международных, трансферных пассажиров и маршрутов, территория и архитектура аэропорта, наличие площадей, не задействованных при оказании авиационных услуг, транспортная доступность аэропорта, расстояние до ближайших населенных пунктов, уровень экономического и социального развития региона, развитие инфраструктурных отраслей в регионе, платежеспособный спрос, плотность населения. Для повышения эффективности управления, в первую очередь, региональными аэропортовыми предприятиями, следует провести исследование, которое позволит определить пути, приоритеты, перспективы и параметры развития и авиационного, и неавиационных видов бизнеса аэропортов; разработать долгосрочные планы развития регионов и инфраструктуры, интегрировать цели увеличения доли неавиационных доходов в систему стратегических целей аэропорта. Результаты исследований необходимы для разработки эффективной модели развития аэропорта, выбора адекватной стратегии, роста доходности активов. Для того чтобы обеспечить безубыточность, небольшой аэропорт вынужден повышать регулируемые и нерегулируемые авиационные тарифы. Жесткие сертификационные требования по количеству персонала в купе с высокими налогами на землю и имущество и изношенными основными фондами ведут к высокой доли постоянных затрат (около 70%) в структуре себестоимости аэропортовых предприятий. Небольшой пассажиропоток, характерный для региональных аэропортов, приносит невысокую авиационную выручку. Операторы коммерческих площадей и рекламы неохотно арендуют площади в аэропортах с пассажиропотоком меньше 400-500 тыс. пасс., в результате чего возможно надеяться на высокие неавиационные доходы. В небольших городах пассажиры приезжают в аэропорт незадолго до посадки, морально не готовы

пользоваться услугами платного паркинга, общепита [9]. Большинство аналитиков аэропортового бизнеса отмечают несовершенство системы тарифного регулирования. Большая часть выручки состоит из услуг, тарифы на которые регулируются. Основными недостатками системы тарифного регулирования являются непрозрачный алгоритм принятия решения об установлении конкретных ставок тарифов, ориентация в процессе регулирования на текущую рентабельность деятельности, а не на доходность на вложенный капитал, повышение тарифов происходит, по факту, не более чем на инфляцию.

Таким образом, современная система тарифообразования является излишне сложной, не позволяющей выполнять среднесрочные прогнозы тарифных ставок; она не гарантирует утверждения тарифов, достаточных для получения минимально-необходимой доходности на вложенный капитал, что также способствует повышению рисков инвестирования в аэропортовую отрасль.

### Библиографический список

1. Политика ИКАО в отношении аэропортовых сборов и сборов за аэронавигационное обслуживание. Дос 9082 ИКАО. ISBN 978-92-9249-058-4. Опубликовано отдельными изданиями на русском, английском, арабском, испанском, китайском и французском языках МЕЖДУНАРОДНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ. 999 University Street, Montreal, Quebec, Canada H3C 5H7. ИКАО. – 2012. – 44с.
2. Постановление Правительства РФ от 23.04.2008 N 293 (ред. от 04.09.2015) "О государственном регулировании цен (тарифов, сборов) на услуги субъектов естественных монополий в транспортных терминалах, портах, аэропортах и услуги по использованию инфраструктуры внутренних водных путей.
3. Приказ Минтранса России от 17.07.2012 N 241 (ред. от 22.07.2013) "Об аэронавигационных и аэропортовых сборах, тарифах за обслуживание воздушных судов в аэропортах и воздушном пространстве Российской Федерации" (вместе с "Перечнем и правилами формирования тарифов и сборов за обслуживание воздушных судов в аэропортах и воздушном пространстве Российской Федерации", "Правилами взимания рассчитанной на основе тарифов и сборов платы за обслуживание воздушных судов в аэропортах и воздушном пространстве Российской Федерации"). Интернет-ресурс. Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_133861/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133861/)
4. Приказ Федеральной службы по тарифам от 31 октября 2014 г. N 238-т/2 "Об утверждении Методических указаний по вопросу государственного регулирования сборов и тарифов на услуги субъектов естественных монополий в аэропортах".



Интернет-ресурс. Режим доступа: Система ГА-РАНТ: <http://base.garant.ru/70843302/#ixzz3iQDx55I3>

5. Окунева, А.А. Методы оценки инвестиционной привлекательности аэропортовых предприятий / А.А. Окунева, С.А. Бородулина // РНЖ «Экономика и управление». – 2015. - № 4 (114) – С.35-46.

6. Основные показатели работы гражданской авиации России за январь-август 2014-2015 годы. Статистика Росавиации. Интернет-ресурс. – Режим доступа: <http://www.aex.ru/docs/2/2015/9/25/2313/> (Дата обращения 25.08.2015)

7. Синицкий А., Борисов Ф., Крамаренко А. Пределы роста авиаперевозок в России 24/03/2014 – Режим доступа: <http://www.ato.ru/content/predely-rosta-aviaperevozok-v-rossii>

8. Состояние гражданской авиации страны. – Режим доступа: <http://www.aex.ru/docs/2/2015/9/11/2300/-04.06.2015>

9. Смирнов, М.Ю. Развитие региональных аэропортов РФ: проблемы и инициативы по их решению – Доклад. Международный авиационный форум «Крылья России», 11 - 12 октября 2011 г.

#### THE FACTORS DETERMINING THE INCOME OF THE AIRPORT ENTERPRISES IN RUSSIA

V.A. Gubenko, S.A. Borodulina

**Abstract.** The authors have described the factors of forming income of the airport enterprises which influence on forming income from aviation services and non aviation services in the airport sphere of business. There is presented the statistics of volume indicators: a number of transported passengers, volume of transportation of goods which influencing the size of airport charges, there are presented opinions of experts and analysts of the market, a review of tariff-setting problems in the present sphere.

**Keywords:** airport charges, income, airport enterprises, tariff-setting, state regulation, air transportation.

#### References

1. Policy of ICAO for airport collecting and charges for air navigation service. Doc 9082 ICAO. ISBN 978-92-9249-058-4. It is published by separate editions in the Russian, English, Arab, Spanish, Chinese and French languages INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. 999 University Street, Montreal, Quebec, Canada H3C 5H7. ICAO. 2012. 44 p.

2. The resolution of the Government of the Russian Federation of 23.04.2008 N 293 (an edition of 04.09.2015) "On state regulation of the prices (tariffs, collecting) on services of subjects of natural monopolies in transport terminals, ports, the airports and services in use of infrastructure of internal waterways.

3. The order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of 17.07.2012 N 241 (an edition of 22.07.2013) "About air navigation and airport charges, tariffs for service of aircrafts at the airports and air space of the Russian Federation" (together with "The list and rules of formation of tariffs and charges for

service of aircrafts at the airports and air space of the Russian Federation", "Rules of collection of the service charges of aircrafts calculated on the basis of tariffs and collecting at the airports and air space of the Russian Federation"). Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_133861/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133861/)

4. The order of Federal Tariff Service of October 31, 2014 N 238-t/2 "About the statement Methodical the instruction concerning state regulation of collecting and tariffs for services of subjects of natural monopolies at the airports". Available at: System GUARANTOR: <http://base.garant.ru/70843302/#ixzz3iQDx55I3>

5. Okuneva A.A., Borodulin S.A. Metody ocenki investitsionnoj privlekatel'nosti ajeroportovyyh predpriyatij [Methods of assessing investment appeal of the airport enterprises]. *RNZh «Jekonomika i upravlenie»*, 2015, no. 4 (114). pp. 35-46.

6. The main indicators of work of civil aviation of Russia for January-August, 2014-2015. Statistics of Rosaviatsia. Internet resource. Available at: <http://www.aex.ru/docs/2/2015/9/25/2313/> (accessed at 25.08.2015)

7. Sinitskiy A., Borisov F., Kramarenko A. Limits of growth of air transportation in Russia 24/03/2014. Available at: <http://www.ato.ru/content/predely-rosta-aviaperevozok-v-rossii>

8. Condition of civil aviation of the country. Available at: <http://www.aex.ru/docs/2/2015/9/11/2300/-04.06.2015>

9. Smirnov M. Y. Development of the regional airports of the Russian Federation: problems and initiatives of their decision – the Report. International aviation forum "Wings of Russia", on October 11 - 12, 2011.

*Губенко Виктор Александрович (Россия, г. Москва) – аспирант по специальности «Экономика» в московском «Институте Образования и Науки», Некоммерческое партнерство содействия развитию образования и науки «Институт образования и науки». (127018, г. Москва, ул. Первомайская, д.58. стр.1, e-mail: gubenko@aga.ru).*

*Бородулина Светлана Анатольевна (Россия, г. Санкт-Петербург) – доктор экономических наук, доцент Национального исследовательского университета Высшая школа экономики (НИИ ВШЭ) (198099, Санкт-Петербург, ул. Промышленная, 14, e-mail: piter00000@mail.ru).*

*Gubenko Victor Aleksandrovich (Russian Federation, Moscow) – graduate student majoring in Economics in Moscow Institute of Science and Education (127018, Moscow, Pervomayskaya st., 58. p. 1, e-mail: gubenko@aga.ru).*

*Borodulina Svetlana Anatolievna (Russian Federation, St. Petersburg) – doctor of economic sciences, associate professor of the National research university, Higher School of Economics (198099, St. Petersburg, Promyshlennaya st., 14. e-mail: piter00000@mail.ru).*

УДК 331.101.26

## РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА МОЛОДЕЖИ В АГРАРНОЙ СФЕРЕ

А.В. Зинич, О.С. Евдохина, О.В. Кондратьева  
ФГБОУ ВПО ОмГАУ имени П.А. Столыпина, Россия, г. Омск.

**Аннотация.** Настоящая статья посвящена исследованию проблем развития человеческого капитала в аграрной сфере. Дана характеристика адаптационных процессов на рынке аграрного труда, как основы успешного процесса прироста стоимости человеческого капитала. Определены основные проблемы, оказывающие влияние на формирование и развитие трудовых ресурсов региона. Намечены направления совершенствования социально-трудовых отношений в рамках государственно-частного партнерства.

**Ключевые слова:** трудовые ресурсы, человеческий капитал, адаптация, условия жизни, государственно-частное партнерство.

### Введение

Трудовые ресурсы – носители человеческого капитала – являются единственным фактором производства, способным соединять все другие факторы в организационный и производственный процесс. Человек как ядро и ключевой ресурс определяет возможности развития и границы социально-экономического роста как страны, так и ее регионов и отраслей народного хозяйства. Интеллектуальные, образовательные, мотивационные, физические и иные компоненты человеческого капитала в новом экономическом цикле становятся двигателями инновационных преобразований, что особенно важно для сельского хозяйства в свете поставленных задач повышения качества продукции АПК и импортозамещения [1].

Трудовой потенциал – совокупность лиц, способных по своим физическим и духовным качествам участвовать в процессе труда; речь идет о здоровье, общих и специальных знаниях, трудовых навыках и умениях, интересах и потребностях человека, уровне ответственности, трудовой активности [2].

### Адаптационные процессы на рынке аграрного труда, как основа успешного процесса прироста стоимости человеческого капитала

Повышения значимости теории человеческого капитала молодежи требуют и современные демографические тенденции: старение населения, увеличение иждивенческой нагрузки т.д. (табл. 1) [3,4].

Таблица 1 – Динамика возрастной структуры населения и иждивенческой нагрузки в Российской Федерации

Возрастные группы населения	2010г.		2020г.**		2030г.**	
	тыс. чел.	в % к итогу	тыс. чел.	в % к итогу	тыс. чел.	в % к итогу
Все население	141914	100	141908,0	100	139371,8	100
в том числе, моложе трудоспособного возраста	22854	16,1	25935,1	18,3	22845,4	16,4
в трудоспособном возрасте*	88360	62,3	79033,2	55,7	76770,5	55,1
старше трудоспособного возраста	30700	21,6	36939,7	26,0	39755,9	28,5
Иждивенческая нагрузка, чел. **	606		796		815	

Примечание: \*Мужчины в возрасте 16-59 лет + женщины в возрасте 16-54 года

\*\*На 1000 лиц трудоспособного возраста приходится нетрудоспособных (дети + пенсионеры)

\*\*\* 2020 и 2030 – прогноз Росстата

Сокращение численности трудоспособного населения должно компенсироваться ростом его качественных характеристик, т.е. повышением ценности человеческого капитала в аграрной сфере. Сегодня необходимо усилить степень поддержки всеми гражданскими институтами тех сфер, которые непосредственно участвуют в формировании и развитии

ценности человеческого капитала - это система здравоохранения, образование, правоохранная деятельность и т.д. Эффективное развитие данных сфер обеспечивают наличие базовых условий не только для формирования человеческого капитала, но и, как утверждал М. Портер, определяют уровень конкурентоспособности территории [5,6].

Для проведения диагностики и анализа основных проблем развития человеческого капитала в аграрной сфере нами проведены исследования оценки молодежью своего положения на рынке аграрного труда. Объект исследования выбран не случайно, поскольку именно молодые люди являются основой инновационного потенциала развития экономики и прироста ценности человеческого капитала в АПК. Схема исследования включала в себя анализ сфер возникновения проблем в процессе развития человеческого капитала: общие условия жизни в регионе, условия макро- и микросоциальной среды.

Общие условия жизни в регионе принято относить к дифференцирующим факторам, они увязаны с конкретной территорией и являются отличительными для региона – это социально-экономическое развитие региона, природно-климатические условия, экологическая ситуация, криминальная обстановка, развитие региональной инфраструктуры, демография. Результаты исследования влияния общих факторов на формирование и развитие человеческого капитала молодежи представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Сводные результаты исследования удовлетворенности общими условиями жизни в регионе

Удовлетворенность респондентов	Фактор				
	Социально-экономическое развитие	Уровень доходов населения	Природно-климатические условия	Криминальная обстановка	Развитие региональной инфраструктуры
Удовлетворены	+	+	+++	+++	+
Не удовлетворены	+++	+++	+	+	++
Затруднились ответить	x	x	++	+	++

Примечание: + менее 30 % от общего числа респондентов; ++ 30–50 % от общего числа респондентов; +++ более половины респондентов.

Следует отметить, что в основном негативная оценка отмечена по сравнительно невысокой отдаче от реального сектора экономики, выражающейся в уровне доходов населения и степени развития региональной инфраструктуры. Критерием оценки факторов на макросоциальном уровне выступает сте-

пень того, насколько принимают или не принимают молодые люди социально-культурные, трудовые, профессиональные и другие отношения и условия деятельности и насколько они готовы интегрироваться в эти условия (табл. 3).

Таблица 3 – Сводные результаты исследования удовлетворенности факторами макросоциальной среды

Удовлетворенность респондентов	Фактор								
	Материальная привлекательность отрасли	Организационная составляющая	Характер и содержание труда конкретной профессии	Условия труда в профессии	Социальная значимость профессии	Жилищный вопрос	Самоактуализация	Характер рабочих процессов в отрасли	Защита прав сотрудников
Удовлетворен	+	++	++	++	++	++	++	++	++
Неудовлетворен	+++	++	+++	++	++	+++	+++	++	+++

Примечание: + менее 30 % от общего числа респондентов; ++ 30–50 % от общего числа респондентов; +++ более половины респондентов.

Сложность данной среды обуславливается тем, что существует дисбаланс спроса и предложения рабочей силы на рынке аграрного труда, обусловленный несоответствием потребности работодателей в кадрах и профессионально-квалификационной структуры

рабочей силы, представленной на рынке труда [7]. С другой стороны исследование показало низкую степень удовлетворенности у молодежи профессионально-трудовыми и социально-культурными условиями развития территории, уровнем развития самих органи-

заций-работодателей в целом по отрасли. Это негативно влияет на развитие человеческого капитала. Анализ микросоциальных факторов влияния на процесс развития человеческого капитала включал исследование

системы мотивации, организации труда, материально-техническую базу, возможность самореализации, удовлетворенность социальным и моральным статусом, качество информационного обеспечения (табл. 4).

Таблица 4 – Сводные результаты исследования удовлетворенности факторами микросоциальной среды

Оценка респондентов	Фактор				
	Система мотивации	Организация труда на предприятии	Самореализация	Материально-техническая база	Удовлетворенность социальным моральным и профессиональным статусом
Положительная	++	++	++	+	+++
Негативная	+++	++	++	+++	++

Примечание: + менее 30 % от общего числа респондентов; ++ 30–50 % от общего числа респондентов; +++ более половины респондентов.

Анализируемые на данном уровне факторы имеют как профессиональную, так и социально-психологическую составляющую. В данном случае можно проследить процесс вхождения молодого специалиста в новые трудовые условия, определить взаимное влияние личности и рабочей среды друг на друга. Анализ выполненных исследований показал, что для половины молодых людей характерна удовлетворенность профессиональным выбором. 53 % респондентов отметили, что довольны выбранной специальностью и около 70 % выразили удовлетворенность настоящим местом работы. Т.е. опрошенные молодые люди готовы и дальше реализовывать свой профессиональный потенциал в аграрной сфере, они лояльно настроены и при решении проблем первого и второго уровня факторов среды возможно не только повысить ценность уже имеющегося человеческого капитала, но и привлечь новых работников, снизив тем самым отток трудовых ресурсов из отрасли и региона.

Проследим, как негативные процессы на рынке труда могут повлиять на социально-экономическую характеристику развития региона, в частности проследим степень влияния данных факторов на валовой региональный продукт (ВРП). Сравнительная характеристика факторов, оказывающих влияние на ВРП, проводилась с использованием методов детерминированного факторного анализа.

Чаще всего факторами, оказывающими влияние на ВРП, являются [8,9]: душевой валовой региональный продукт (167 тыс. руб.); доля населения в регионе в трудоспособном возрасте (0,6); доля занятых в экономике региона в общей численности трудоспособного населения региона (0,7); производительность тру-

доспособного населения региона, занятого в экономике (356,6 тыс. руб.).

Удельный вес влияния каждого фактора на итоговый показатель рассчитан нами с использованием логарифмического способа для измерения влияния факторов в мультипликативных моделях. При этом результат совокупного действия факторов на итоговый показатель распределялся пропорционально доле изолированного влияния каждого фактора. В итоге возрастная структура населения определяет прирост ВРП на 21,5%; уровень безработицы – лишь на 7,7%, а вот производительность труда на 70,8%:

- 1) возрастная структура населения

$$\frac{(\text{LOG}10(m_{\text{отч.}}) - \text{LOG}10(m_{\text{баз.}}))}{(\text{LOG}10(\text{ВРП}_{\text{на1чел.отч.}}) - \text{LOG}(\text{ВРП}_{\text{на1чел.баз.}}))} \cdot 100 = 21,459 \%$$

- 2) уровень безработицы

$$\frac{(\text{LOG}10(n_{\text{отч.}}) - \text{LOG}10(n_{\text{баз.}}))}{(\text{LOG}10(\text{ВРП}_{\text{на1чел.отч.}}) - \text{LOG}(\text{ВРП}_{\text{на1чел.баз.}}))} \cdot 100 = 7,745 \%$$

- 3) производительность труда

$$\frac{(\text{LOG}10(\text{ВРП}_{\text{на1зан.отч.}}) - \text{LOG}10(\text{ВРП}_{\text{на1зан.баз.}}))}{(\text{LOG}10(\text{ВРП}_{\text{на1чел.отч.}}) - \text{LOG}(\text{ВРП}_{\text{на1чел.баз.}}))} \cdot 100 = 70,796 \%$$

Таким образом, в наибольшей степени итоговые показатели функционирования экономических субъектов региона зависят от производительности труда, т. е. от качественной составляющей характеристики работников, уровня развития человеческого капитала каждого. Именно поэтому сегодня просто необходимо пересмотреть отношение к системе образования – ключевой составляющей развития человеческого капитала.

### **Направления совершенствования социально-трудовых отношений в рамках государственно-частного партнерства**

Трансформация экономического уклада, появление рынков труда, капитала, интеллектуальных ресурсов, образовательных услуг и т.д. изменили всю систему подготовки кадров. От профессионального образования требуют удовлетворения конкретных запросов работодателей. Растут требования в отрасли к квалификации и качеству подготовки специалистов, ужесточается конкуренция на рынке труда, появляются новые профессии и специальности. Помочь образовательным учреждениям в полной мере отвечать требованиям бизнес – сферы, своевременно реагировать на изменения рыночной конъюнктуры призвана система социального партнерства. Сегодня необходимо создать модель взаимодействия участников, способную наиболее рационально использовать и распределять ресурсы в едином образовательном пространстве между собой. Важно не только выявить реальных заказчиков кадров в лице предприятий АПК различных форм собственности, но и обеспечить их непосредственное участие в процессе подготовки будущих специалистов. Подобной моделью может стать государственно-частное партнерство.

Обеспечить подобное взаимодействие на территории Омской области в рамках государственно-частного партнерства возможно на базе Омского государственного аграрного университета. В данном случае под государственно-частным партнерством понимаются партнерские отношения на условиях компенсации затрат и разделения рисков. Реализация данной концепции подразумевает осуществление комплекса мер, в основном регулятивного характера, направленных на устранение перечисленных препятствий, возникающих в образовательной сфере, а также на рынке труда в целом. Основная цель развития партнерских отношений – устранение причин, препятствующих взаимодействию между различными участниками рынка труда, и повышение степени адаптированности молодых людей к условиям данного рынка. При создании государственно-частного партнерства основными заинтересованными лицами с позиции аграрного вуза станут государство, представители общественности, учащиеся и партнеры. Государственные и общественные структуры составляют государственные и региональные органы власти, потребители культурных ценностей, грантодатели, гражданское общество в целом (помощь в разработке программ развития, укрепление ключе-

вых элементов рынка труда, подготовка высококвалифицированных кадров с активной системой коммуникаций, воспитание культурно-патриотических ценностей).

Потребители услуг: обучающиеся: студенты очной и заочной формы обучения, магистратуры, слушатели курсов повышения квалификации, иностранные студенты, потребители необразовательных услуг; представители бизнес-сообщества: коммерческие организации как потребители продукта – подготовленных специалистов-выпускников; как потребители образовательных услуг для персонала; как потребители консалтинговых услуг и НТР; партнеры: школы, техникумы, другие учебные заведения начального и среднего профессионального образования (НПО и СПО), а также профессиональные сообщества: профессорско-преподавательский состав (ППС) других вузов и т. п.; сотрудники аграрных ВУЗов: высший и средний менеджмент, ППС, другие сотрудники.

Мотивация участников партнерства определяется целями и задачами, которые они преследуют: частный сектор (бизнес-сообщество): новые возможности для развития инновационного бизнеса; влияние на подготовку специалистов, привлечение конкурентоспособных кадров; доступ к результатам исследований и передовых разработок; государственный сектор: стимулирование инновационной активности производственного сектора; повышение эффективности государственного финансирования подготовки кадров (снижение уровня безработицы и дефицита кадров), а также расходов на исследование; образовательные структуры: более широкие возможности повышения качества подготовки кадров, коммерциализации научно-технической продукции; обучающиеся: гарантии трудоустройства, повышение качества получаемого образования.

При создании действующего механизма государственно-частного партнерства можно получить следующие результаты: координация усилий в сфере развития регионального рынка труда и совершенствования адаптационных процессов на нем; обеспечение государственно-частного партнерства в области подготовки высококвалифицированных и востребованных кадров для АПК; информационное обеспечение участников партнерства; создание инновационной образовательной инфраструктуры в интересах образовательных учреждений различного уровня по профилю аграрной подготовки.

Эффект от реализации государственно-частного партнерства имеет несколько со-

ставляющих: экономическую, социальную, инфраструктурную и политическую. Причем масштаб и особенности каждой из составляющих зависит и от степени мотивации участников партнерства.

### Заключение

При рассмотрении социально-экономической составляющей в качестве основного эффекта следует рассматривать следующее: рост уровня жизни населения, его материального благополучия вследствие повышения образовательного и профессионального статуса, роста правовой грамотности работников, моральной удовлетворенности работой, изменения качества выполняемых бизнес-процессов; рост производительности труда, экономия затрат рабочего времени при возможности расширенного воспроизводства. В результате качественных изменений в процессе подготовки кадров и их лучшей адаптации к условиям конкретной бизнес-структуры и рынка труда в целом и повышается степень плодотворной целесобразной деятельности сотрудников по производству материальных благ; снижение безработицы, которая носит негативный характер и для экономики имеет множество последствий. Среди негативных последствий безработицы самым главным являются недо-выпуск продукции (сокращение производства), потеря части валового национального продукта – одного из базовых показателей системы национальных счетов.

Создание государственно-частного партнерства в региональной системе образования позволит использовать новые, адекватные современным тенденциям методы и инструменты координации и регулирования данной сферы. Это будет способствовать росту стабильности, создавать предпосылки для реализации стратегических целей национальных образовательных проектов и программ и, как следствие, позволит решить проблемы развития человеческого капитала в аграрной сфере региона.

### Библиографический список

1. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г.: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=law&n=90601&req=doc>
2. Патласов, О.Ю. Маркетинговое управление рынком труда / О.Ю. Патласов. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2003. – С. 831.
3. Доклад о развитии человеческого потенциала в Российской Федерации за 2011 г. / под ред.

А.А. Аузана, С.Н. Бобылева. – М.: ПРООН в РФ, 2011. – 146 с.

4. Молодёжь России 2000-2025: Развитие Человеческого Капитала [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://in4p.ru/info/molodyozh-rossii-2000-2025-razvitie-chelovecheskogo-kapitala>
5. Портер М.Э. Конкуренция / М.Э. Портер. – М.: Вильямс, 2006. – 608 с.
6. Porter M. E., Kramer M. R. Strategy and Society: The Link Between Competitive Advantage and Corporate Social Responsibility // Harvard Business Review, December 2006, pp.78–92.
7. Стукач В.Ф. Баланс трудовых ресурсов в прогнозировании развития сельской местности: региональный аспект: монография / В.Ф. Стукач, Е.А. Асташова, В.С. Пецевич, А.М. Тетерева и др. – Омск: Издательство ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А.Столыпина, 2014. –131 с.
8. Официальный портал Правительства Омской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gszn.omskportal.ru/>
9. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Омской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://omsk.gks.ru/>

### DEVELOPMENT OF THE HUMAN CAPITAL OF YOUTH IN THE AGRARIAN SPHERE

A.V. Zinich, O.S. Evdokhina, O.V. Kondratieva

**Abstract.** The present article is devoted to research of problems of developing human capital in the agrarian sphere. The authors have characterized adaptation processes on the market of agrarian work, as a basis of successful process of increasing the human capital's cost. There are determined the main problems influencing formation and development of labour resources of the region. The authors have contemplated the directions of improving social and labor relations within public-private partnership.

**Keywords:** labour resources, human capital, adaptation, living conditions, public-private partnership.

### References

1. The concept of long-term social and economic development of the Russian Federation for the period till 2020: The order of the Government of the Russian Federation of November 17, 2008 No. 1662-r Available at: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=law&n=90601&req=doc>
2. Patlasov O. Y. *Marketingovoe upravlenie rynkom truda* [Marketing management of the labour market] / O. YU. Patlasov. – Омск: lzd-vo OmGAU, 2003. 831 p.
3. The report on human development in the Russian Federation for 2011 / pod red. A.A. Auzana, S.N. Bobileva. Moscow, PROON v RF, 2011. 146 p.
4. Molodjzh' Rossii 2000-2025: Razvitie Chelovecheskogo Kapitala Available at: <http://in4p.ru/info/molodyozh-rossii-2000-2025-razvitie-chelovecheskogo-kapitala>
5. Porter M.E. *Konkurencija* [Competition]. Moscow, Vil'jams, 2006. 608 p.

6. Porter M. E., Kramer M. R. Strategy and Society: The Link Between Competitive Advantage and Corporate Social Responsibility // Harvard Business Review, December 2006, pp.78–92.

7. Stukach V.F., Astashova E.A., Pecevich V.S., Teterova A.M. *Balans trudovyh resursov v prognozirovanii razvitiya sel'skoj mestnosti: regional'nyj aspekt: monografija* [Balance of labour resources in forecasting development of a rural area: regional aspect: the monograph]. Omsk: Izdatel'stvo FGBOU VPO OmGAU im. P.A.Stolykina, 2014. 131 p.

8. The official portal of the Government of Omsk region Available at: <http://gszn.omskportal.ru/>

9. Territorial body of Federal state statistics service of the Omsk region. Available at: <http://omsk.gks.ru/>

*Зинич Алла Владимировна (Россия, Омск) – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и маркетинга Института экономики и финансов ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина (644008, г. Омск, ул. Физкультурная 8 Е, e-mail: klimenkoallaw@mail.ru).*

*Евдохина Ольга Семёновна (Россия, Омск) – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и маркетинга Института экономики и финансов ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина (644008, г. Омск, ул. Физкультурная 8, e-mail: evdohina@mail.ru).*

*Кондратьева Оксана Викторовна (Россия, Омск) – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и маркетинга, декан экономического факультета Института экономики и финансов ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина (644008, г. Омск, ул. Физкультурная 8 Е, e-mail: KOV02.11@yandex.ru).*

*Zinich Alla Vladimirovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of economic sciences, associate professor of the department of management and marketing, Institute of economics and finances of OMSAU named after P. A. Stolypin (644008, Omsk, Fizkulturnaya St. 8 E, e-mail: klimenkoallaw@mail.ru).*

*Evdokhina Olga Semenovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of economic sciences, associate professor of the department of management and marketing, Institute of economics and finances, OMSAU named after P.A. Stolypin (644008, Omsk, Fizkulturnaya St. 8 E, e-mail: evdohina@mail.ru).*

*Kondratieva Oksana Viktorovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of economic sciences, associate professor of the department of management and marketing, the dean of the economics department of Institute of economics and finances, OMSAU named after P.A. Stolypin (644008, Omsk, Fizkulturnaya St. 8, e-mail: KOV02.11@yandex.ru).*

УДК 338.45

### ОСОБЕННОСТИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ В КРИЗИСНЫХ УСЛОВИЯХ

Ю.В. Калашникова

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В статье анализируются особенности инновационного развития России. Особое внимание уделяется научному и промышленному потенциалу страны. Отмечается тот факт, что огромную роль в создании передовых производственных технологий России играет именно региональная наука. Подчеркивается роль оборонно-промышленного комплекса и машиностроения как основных факторов экономической мощи государства. Анализируются проблемы, препятствующих развитию вышеуказанных секторов промышленности и указываются пути их преодоления.

**Ключевые слова:** особенности инновационного развития России, научный потенциал регионов, оборонно-промышленный комплекс, машиностроение, кризис.

#### Введение

Стратегические тенденции развития мировой промышленности в современную эпоху, прежде всего, осуществляются в обрабатывающей промышленности. А именно, в машиностроении и подотраслях машиностроения – вычислительной технике, информационно-коммуникационных технологиях, химической промышленности и т.д. Из вышесказанного следует, что основой промышленного производства является машиностроение. Так как, в первую очередь, развитие ма-

шиностроения позволило США, ведущим державам Западной Европы, Японии и др. стать лидерами мирового технического прогресса. Однако исходной базой отраслевого машиностроения являются общее машиностроение: общее станкостроение, инструментальная промышленность и др. Без них невозможен современный экономический прогресс. К этому нужно добавить, что и сегодня промышленный сектор играет решающую роль в развитии современной рыночной экономики, являясь её основным структурообра-

зующим элементом. Поэтому переход к постиндустриальному обществу возможен лишь на основе мощной современной индустриальной базы. Прорывные инновации дадут эффект лишь в том случае, если в обществе развиты, прежде всего, машиностроение, химия, индустрия потребления. Принимая во внимание особенности российского исторического развития и тот переходный период, который переживает наша страна «новую индустриализацию» может осуществить только предпринимательский капитал, находясь в рамках сильного и эффективного госсектора. Иными словами – государственно-частное партнёрство, то есть частный капитал при решающей роли государства [1, с. 94 – 117].

### **Научный потенциал регионов России и мировой финансово-экономический кризис**

Особое внимание следует обратить на научный потенциал российских регионов. Как свидетельствуют статистические данные сегодня около 69% всех организаций, осуществляющих научные исследования и разработки, расположены за пределами Москвы и Санкт-Петербурга. На российские регионы приходится почти 57% численности персонала, занятого исследованиями и разработками, в том числе 52% собственно исследователей. Это связано с тем, что столичные регионы представляют исследователям лучшие условия для работы, в том числе финансовые. Но именно регионы остаются главными центрами подготовки кадров для научно-исследовательской и образовательной деятельности. Здесь получают профессиональную подготовку почти 76% специалистов, а также значительная часть научных кадров высшей квалификации – кандидатов и докторов наук. Поскольку в вузах и научных организациях регионов обучаются более 61% аспирантов 62,5% докторантов. В то же время регионы не имеют преимуществ в финансировании научных исследований по сравнению со столичными центрами. В современных условиях распределение финансовых средств на исследования и разработки осуществляется таким образом, что оказывается почти равным между Москвой и Санкт-Петербургом, с одной стороны (49,8%), и всеми остальными регионами России – с другой (50,2%). Основные средства исследований и разработок регионов России также не демонстрируют сколько-нибудь значительного преобладания и составляют около 56%, всё остальное приходится на Москву и Санкт-Петербург. В то же время российские регионы демонстрируют впечатляющие совокупные показатели результативности научно-исследовательской

деятельности и инновационной активности. Так почти 90% использования имеющихся передовых технологий приходится на регионы. Статистика свидетельствует, более 90% инновационно-активных организаций расположены не в столичных центрах, а на местах. Последние обеспечивают более 94% объёма отгруженных инновационных товаров и 89,9% совокупных затрат на технологические инновации. В 2008 г. 61,8% поданных отечественными заявителями патентных заявок и 67,2% заявок на полезные модели приходилось на российские регионы. Причём 71,7% созданных в стране передовых производственных технологий было произведено в регионах. Таким образом, регионы России обладают значительным научным потенциалом и должны более активно вовлекаться в процессы международного научно-технологического сотрудничества в интересах социально-экономического развития страны и модернизации экономики нашей страны. Это потребует соответствующего перераспределения финансов в пользу региональной науки и инновационной деятельности на местах, а также резкого увеличения финансирования научно-исследовательской сферы в России на душу населения. По данному показателю наша страна уступает основным развитым странам, что серьёзно отражается на модели её развития и структуре её экспорта. Доля России на мировом рынке наукоёмкой продукции составляет сегодня всего 0,3 – 0,5%, в то время как доля США – 36%, Японии – 30%, Германии – 17%. Доля инновационно-активных предприятий в российской промышленности – 9,4%. Это в несколько раз ниже, чем в развитых странах. Отсюда доля высокотехнологичной продукции в экспорте России не превышает 4 – 5%, в то время как у КНР этот показатель составляет 22,4%, Южной Кореи – 38,4%, Венгрии – 25,2%. По абсолютным объёмам экспорта высокотехнологичной продукции наша страна уступает Китаю и США в 42 раза. В России сегодня лишь 2 – 5% патентов на изобретения реализуется в экономической деятельности и всего около 1% – при создании передовых производственных технологий. Принимая во внимание европейский опыт и учитывая специфику российских условий представляется необходимым создание сети из 15 – 20 региональных информационно-консультационных центров, охватывающих всю территорию нашей страны. Последние явились бы необходимой связующей структурой между российскими регионами, вузами, научными организациями, с



одной стороны, и национальными контактными центрами – с другой [2, с. 156 – 159].

Главная черта современного мирового финансово-экономического кризиса обусловлена тем, что он имеет место в условиях глобализации. Отрицательные особенности последней во многом определили глубину и масштабы кризисных явлений в мире. В экономической сфере процесс глобализации значительно продвинулся в области финансов. Это нашло своё выражение в формировании мирового финансового рынка. Предпосылкой этого стали следующие ключевые фактора: новые информационные технологии, связавшие основные финансовые центры и резко сократившие транзакционные издержки финансовых сделок и время, необходимое для их совершения, изменение условий функционирования финансовых институтов вследствие дерегулирования банковской деятельности, развитие нового инструментария финансового рынка – механизмов хеджирования (страхования от потерь) и управление рисками. Финансово-экономический кризис, по мнению ведущих экономистов мира, выявил банкротство концепции рыночного фундаментализма. Проблема государственного регулирования рынка вышла на первый план. Без помощи государства экономика не способна преодолеть кризис. Наряду с общими тенденциями, определяющими изменение ситуации на мировом рынке труда, существуют особенности, характерные для отдельных стран и регионов. Данные особенности связаны как с общей экономической структурой страны, так и с направлением и эффективностью антикризисной стратегии её правительства. Так, например, в настоящее время именно во многом под нажимом правительств развитых стран начинается отток капиталов частных фирм с рынков развивающихся государств в развитые. Мировой хозяйственный опыт свидетельствует, что динамичная экономическая система, ориентированная на инновационное развитие, объективно имеет больше возможностей для скорейшего преодоления кризиса и сокращения безработицы. При этом особое значение приобретает проблема повышения платёжеспособного спроса на внутреннем рынке, без разрешения которой инновационный потенциал страны может оказаться не востребованным. Таким образом, вопросы экономического развития в целом и выхода из кризиса неразрывно связаны с уровнем социального развития государства. То есть общеэкономический уровень развития страны прежде всего должен определяться не досту-

пом национального капитала на мировые рынки, а платёжеспособностью её населения. Как показывает опыт КНР и Белоруссии дело не столько в форме собственности, сколько в том насколько правительство данной страны заинтересовано в её развитии. Сегодня главная проблема России – резкое повышение платёжеспособности её внутреннего рынка. Поэтому главная задача российской экономики, в том числе и промышленного производства, – удовлетворить потребности граждан нашей страны отечественным товаром, конкурентоспособным на внутреннем рынке. И лишь постепенно, по мере повышения конкурентоспособности, поставлять его на внешний рынок. Причём конкурентоспособность может проявляться не только в качествах самого товара, но и в его низкой цене. Это означает, что не все российские промышленные предприятия могут и должны стать сразу конкурентоспособными на мировом рынке. Для этого потребуется много времени, а некоторые из них вполне могут приспособиться осуществлять свою постоянную деятельность на внутреннем российском рынке. Это значительно облегчит процесс создания 25-ти миллионов рабочих мест в российской экономике. При этом российское государство должно учитывать, что эффективные меры борьбы с безработицей предполагают широкий спектр программ, включающих не только поддержание, имеющихся рабочих мест и образование новых, но также переобучение и трудоустройство лиц, потерявших работу, содействие молодёжи, вступающей на рынок труда, в получении необходимой профессиональной подготовки и устройстве на работу. Современный финансово-экономический кризис является выражением более общих, выходящих за пределы экономики, отрицательных процессов глобализации. Он обусловлен вектором развития мировой цивилизации. Сочетание и углубление кризисных явлений в важнейших областях общественно-политической и экономической жизни свидетельствуют о цивилизационном характере кризиса. Он порождён тупиковым характером существующего образа мышления, основанного на приоритетах прибыли и господства. Интересы человечества в целом требуют их замены приоритетами сотрудничества и взаимопомощи. В русле формирования нового образа мышления находится концепция «демократического идеализма», выдвинутая выдающимся американским экономистом, лауреатом Нобелевской премии Дж. Стиглицем, как альтернатива действующей модели глобализации. основополагающие принципы

данной концепции: социальная справедливость, демократия и постепенное увеличение роли общества в лице негосударственных организаций в решении глобальных социально-экономических проблем. Особое место в этой концепции занимает проблема молодёжи. В перспективе предстоит борьба за её сердца и умы на всей Земле. Подрастающее поколение сталкивается с миром отчаяния, безработицы и нищеты, глобального лицемерия и неравенства. От него требуют глобальных правил поведения, обеспечивающих интересы передовых промышленных стран, а точнее узкогрупповые интересы внутри них и обделяющих тех, кто и так обездолен. Молодёжи в этом случае ничего не остаётся делать как переносить свою энергию из созидательной деятельности, где можно построить лучший мир для себя и своих детей, в деятельность разрушительную. И мы все испытываем на себе последствия этого. [3, с. 3, 10, 12, 16 – 17].

Особо следует остановиться на влиянии либерализации и глобализации в её нынешнем содержании на экономику развивающихся стран, к числу которых относится и Россия. Как считают многие экономисты, в результате того, что развивающиеся государства стали объектом жёстких либеральных предписаний, которые свели к минимуму роль государства в экономическом строительстве, это негативно сказалось на их хозяйственном развитии. Поскольку здесь государство играло нередко ключевую роль в индустриализации и, в частности, в развитии обрабатывающей промышленности. При обвальной, продавленной извне экономической либерализации большая часть обрабатывающей промышленности развивающегося мира, не выдержав конкуренции обанкротилась. Особенно сильно пострадали страны Африки и Латинской Америки – регионы с наименее и наиболее продолжительной историей индустриализации. Страны Африки – потому, что обрабатывающая промышленность там ещё не успела укорениться, а Латинской Америки – из-за изъянов модели индустриализации, нацеленной на максимизацию промышленного самообеспечения. В итоге, несмотря на безусловное расширение общих возможностей для развития, глобализация и подпирания её либерализация скорее осложнили, нежели облегчили подтягивание развивающихся стран к технико-технологическим и социально-экономическим стандартам развитых государств. Либерализация и глобализация резко обострили конкуренцию во всех сферах экономической жизни. Отсутствие конкуренции,

как свидетельствует исторический опыт, чревато застоём со всеми его отрицательными последствиями. Но при избытке конкуренции, а также при абсолютной несопоставимости сил и возможностей соперников конкуренция становится тормозом развития. Она блокирует подъём слабых и отстающих, их переход в новое, более высокое качество.

### **Иновационные условия в оборонно-промышленном комплексе и машиностроении России**

Международное положение складывается таким образом, что в длительной исторической перспективе российский оборонно-промышленный комплекс (ОПК) будет являться одной из основ экономической мощи РФ. Военные расходы развитых стран, несмотря на финансовый кризис 2008 г. не только не уменьшились, а наоборот выросли на 45% и продолжают расти, вызывающими тревогу темпами. Только на США, крупнейшего в мире инвестора в сфере вооружений, приходится 58% от всего объёма прироста глобальных расходов за последние десятилетия. Примерно 25% учёных в мире в настоящее время вовлечены в военную и связанную с ней деятельность. Подсчитано, что почти 40% всех средств, потраченных на научные исследования и разработки после второй мировой войны, направлялись на военные цели. По данным ООН, с 1960 г. развитые государства израсходовали на производство оружия 15 трлн. долл. Это почти в 6 раз превышает объём помощи, оказанной развивающимся странам в целях их развития. По расчетам ООН, достаточно было бы выделить в течение 10 лет 80 млрд. долл., для того, чтобы ликвидировать бедность, голод, болезни и неграмотность в мире. Расходы на вооружение в 180 раз превышают объём средств, которые направляются на борьбу с голодом, стимулирование развития сельского хозяйства и оздоровление экономической ситуации, которая постоянно является критической в результате ежегодного роста цен на продовольствие. В 2010 г. объём военных расходов в мире достиг астрономической цифры – 1,630 трлн. долл. и продолжает расти. Почти половина военных расходов приходится на долю США, на втором месте Китай, на третьем – Великобритания, на четвёртом – Германия, на пятом – Россия [4, с. 29 – 30]. После принятия программы перевооружения российской армии в 2011 – 2012 гг. наша страна может в этом списке выйти вперёд. По нашему мнению, военная продукция, производимая ОПК должна делиться на три основные части. Первая основная часть предна-

значена для перевооружения российской армии, вторая – продукция двойного назначения – предназначена как для военных целей, так и для обеспечения гражданского населения. И третья часть – для мировой торговли оружием. То есть ОПК благодаря продукции двойного назначения и торговле оружием с другими странами в значительной мере должен стать самокупаемой экономикой. При этом последние две части должны постоянно стремиться к расширению, а в целом ОПК – к непрерывному инновационному обновлению, активно содействуя развитию и гражданских отраслей российской экономики.

Экономическая ситуация в современном мире в решающей степени определяется размещением такой ключевой для производства инвестиционных товаров отрасли, как машиностроение. Для развитой страны машиностроение является ведущим элементом не только обрабатывающей промышленности, но и экономики в целом. Её лидирующее положение обусловлено следующими факторами: во-первых, в продукции машиностроения в наибольшей мере получают материальное воплощение новейшие достижения НТП; во-вторых, машиностроение является главной капиталобразующей отраслью экономики. Оно в решающей степени определяет уровень, темпы, масштабы технологического перевооружения хозяйства, способствует дальнейшему повышению его эффективности; в-третьих, продукция машиностроения играет важнейшую роль в удовлетворении спроса населения на разнообразные технические средства, и роль его в этой сфере продолжает неуклонно возрастать; в-четвёртых, из всех отраслей материального производства машиностроение обладает наибольшим потенциалом для внутриотраслевого разделения труда, поскольку развитие новых технологий ведет к усложнению выпускаемого оборудования и позволяет расщеплять изготовление его отдельных частей и компонентов между разными предприятиями. Соответственно развитие машиностроительных производств создает широчайшие возможности для формирования кластеров, т.е. групп географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной сфере и взаимодополняющих друг друга. Активное участие в международной торговле машиностроительной продукцией – признак развитой экономики. Сегодня свыше 90% мирового экспорта машин и транспортного оборудования (МТО) приходится на примерно два десятка государств-

экспортёров. В 2010 г. их оставалось в этом списке 17. Вошедшие в него страны расположены в трёх регионах: Северной Америке, Западной Европе и Восточной Азии. Таким образом, данные регионы можно считать мировыми центрами машиностроения – кластерами. Евразийский кластер машиностроения, который представлял Советский Союз разрушен в результате реформ 90-х гг. XX в. Развитая экономика характеризуется также высоким спросом на продукцию данной отрасли. Вместе с тем концентрация импорта машиностроительной продукции ниже, чем экспорта (на 20 ведущих стран приходится 90 – 94% её мирового экспорта и лишь 74 – 81% мирового импорта). Это закономерно, поскольку продукция машиностроения используется всеми отраслями промышленности, сельского хозяйства, сферы услуг, а также индивидуальными потребителями. Большинство стран, которые являются ведущими игроками на глобальном машиностроительном рынке одновременно вошли в списки и крупнейших экспортёров и крупнейших импортёров машиностроительной продукции (в 1990 г. таких государств было 19, в 2002-м – 18 и в 2010-м – 17). Таким образом, основные производители МТО являются в то же время их основными потребителями. Только три крупных импортёра данной продукции сегодня поставляют её в очень малых количествах на мировой рынок. Это Австралия, Бразилия и Россия – страны с ёмкими рынками, но специализирующиеся в международном разделении труда преимущественно на поставках сырья. После кризиса 2007 – 2008 гг. основным поставщиком машиностроительной продукции на мировой рынок в треугольнике США – Западная Европа – Восточная Азия остались США. Это в значительной степени было связано с тем, что цены на энергоносители после кризиса вновь достигли высокого уровня [5, с. 31 – 32, 40].

Итак, практическая реализация стратегии инновационного прорыва нереальна без успехов, прежде всего в сфере машиностроения, о чём мы не раз уже писали выше. Однако в Концепции социально-экономического развития РФ на 2008 – 2020 гг. этой важнейшей отрасли обрабатывающей промышленности посвящено всего несколько строк. А ведь государство, не уделяющее должного внимания развитию данной хозяйственной сферы, в перспективе вынуждено будет отказаться от статуса ядерной державы со всеми вытекающими отсюда последствиями. Послание президента России Федеральному собранию, посвященное двадцатилетию принятия Российской Конституции, особенно там,

где говорить об обрабатывающей промышленности нашей страны, не вызывает энтузиазма. По основному показателю производительности труда мы в 2 – 3 раза уступаем развитым странам. Процент добавленной стоимости в нашей продукции по-прежнему ничтожно мал. Власти России заявляют о принятии мер по созданию отечественной оффшорной зоны, лишению госзакупок тех российских фирм, которые вывозят свои капиталы в оффшорные зоны, за рубеж и т.д. [6]. Однако без возрождения Евразийского машиностроительного кластера успехи стратегии инновационного прорыва (СИП) в России нереальны. Вместе с тем важнейшим препятствием на пути её реализации является социальное состояние современного российского общества. При нынешнем уровне его социального разделения, которое большинство россиян считает несправедливым, практическая реализация СИП к указанному сроку более чем проблематична. Надо учитывать, что основная масса западноевропейцев и россиян более нетерпима к сильному социальному разделению, чем граждане США и КНР. Поэтому российским властям необходимо принять эффективные меры для уменьшения такового за счёт «олигархической» экономики. Прежде всего, пересмотрев финансово-экономическими методами итоги приватизации в РФ в конце XX века в интересах большинства населения страны. События на Украине делают ещё более значимыми для современной России поднятые автором хозяйственные проблемы.

29 мая 2014 года в столице Казахстана Астане подписано соглашение между Россией, республикой Казахстан и республикой Беларусь о создании Евразийского экономического союза (ЕАЭС). К нему затем присоединились Армения и Киргизия. ЕАЭС начал функционировать на пространстве Таможенного союза с 1 января 2015 г. [7]. Россия должна стать стержнем нового союза. Поэтому в рамках единой промышленной политики сначала на региональном уровне, а потом и евразийском, все страны входящие в новое объединение должны экономически дополнять друг друга. Наша страна при этом должна обратить особое внимание на развитие отечественного станкостроения, инструментальной, шарикоподшипниковой индустрии, микроэлектроники и т.д. Без этого союз обречён на жалкое существование, в худшем случае – на развал. Кроме того, необходимо разработать долгосрочную программу развития данных отраслей, например, на 2021 – 2050 гг. Для лучшего контроля разбить дан-

ную программу на трёхлетки или пятилетки. Усилить внимание к роботизации данных отраслей. По мнению многих экономистов, 2 – 3 трлн. рублей из 23 трлн., выделенных на ОПК, можно перебросить на развитие промышленности, так как российская военная промышленность такую громадную сумму не сможет освоить. Необходимо разработать соответствующую налоговую политику, облегчающую как динамику вышеназванных отраслей, так и обрабатывающей промышленности России в целом. Это не наш выбор – это веление времени для того, чтобы выжить в этом жестоком мире.

### **Заключение**

Таким образом, западные экономические санкции против России ещё раз доказали, что наша страна должна прежде всего рассчитывать на эффективность собственного внутреннего рынка. А для этого надо в разы поднять покупательную способность россиян. Поэтому к числу основных элементов российского антикризисного плана, в стратегическом смысле, можно отнести: ослабление зависимости рубля от доллара, для чего надо в разы увеличить денежную массу рубля, доведя её до уровня развитых стран. Западные державы, приняв санкции против России, нарушили правила ВТО, поэтому наша страна может на время санкций заморозить долги частных фирм банкам развитых стран, что позволит накопить значительную денежную массу внутри страны. Кроме того мы можем резко увеличить производство продукции двойного назначения в ОПК. Надо увеличить денежные вклады в науку, образование, в целом в человеческий фактор. Ибо без повышения человеческой культуры в общем и культуры производства в частности не возможно создать современную качественную продукцию, повысить производительность труда. Нужно наладить исполнительскую дисциплину во всех звеньях общества, особенно в её управленческом аппарате. Автор уже выше писал о необходимости ужесточения мер по борьбе с коррупцией и ещё раз настаивает на этом. Особенность российского воровства состоит в том, что в нашей стране воруют не с прибыли, а с инвестиций, что ставит крест на всяком развитии. Новую индустриализацию необходимо строить на основе самых современных технологий. В сфере обрабатывающей промышленности необходимо особое внимание обратить на наукоемкое станкостроение, точное приборостроение, микроэлектронику. Они могут стать основой сильного госсектора, который не должен испытывать недостатка в деньгах, где

государственная доля должна составлять не менее 70%, остальное - частное. Кредитовать на льготных условиях надо те банки, которые, прежде всего, дают деньги реальному сектору, в том числе промышленному. Необходимо также выделять финансы, при этом строго контролируя их со стороны соответствующих госорганов, непосредственно губернаторам, минуя банки, чтобы они направляли деньги в промышленный сектор экономики. Это облегчит диверсификацию нашей экономики, о необходимости которой так много говорил российский президент [8], создаст предпосылки для построения сильной обрабатывающей индустрии в относительно короткие исторические сроки, что является одной из главных задач российского общества [9]. Поскольку стратегия инновационного прорыва в сфере обрабатывающей промышленности к 2020 г. находится под большим вопросом [10]. Принятые выше меры создадут необходимые условия для машиностроительных предприятий, экспортирующих свою продукцию, прежде всего, на внутренний рынок и усилят позиции предприятий, работающих на внешний рынок [11, с. 40 – 41]. Принцип тут один, прибыль должна быть получена в России, прежде всего на основе производства. На российскую промышленность должен в основном опираться Евразийский Экономический Союз, который расширился за счет Армении и Киргизии. Кстати, все страны ЕАЭС должны проявить солидарность с Россией и присоединиться к контрсанкциям против западных стран. Законы о деофшоризации, амнистии капитала, деньги российских финансовых фондов [12], а также средства полученные в результате всех вышеуказанных мер и иные налоговые поступления при низком госдолге России, обеспечат необходимую сумму для помощи регионам и дадут средства для финансирования патриотически настроенного среднего и мелкого бизнеса. Стратегия промышленного импорта в России должна строиться на следующем принципе: ввозить в страну не более 10 – 15 % импортного оборудования для того, чтобы сравнить с отечественной продукцией и идти дальше. Надо и дальше развивать сотрудничество не только со странами Запада, но и с Китаем, Индией, странами БРИКС и др. державами мира. Адаптация России к новым условиям займет несколько лет и создаст необходимые условия для перехода к диверсифицированной экономике, в основе которой будет лежать мощная промышленность.

### Библиографический список

1. Зелёва, Ю.В. Эффективное стратегическое управление промышленными предприятиями России в условиях рыночной экономики (макро- и микроуровень): Монография. – Омск: Издательство ОмГТУ, 2006. – 176 с.
2. Зорников, И.Н. О развитии научно-технологического сотрудничества России и ЕС: роль региональной науки / И.Н. Зорников, Т.Е. Плященко // Вестник Воронежского государственного университета. – 2010. – № 2. – С. 155 – 159.
3. Иванов, Н. Мировой кризис и рынок труда / Н. Иванов // Мировая экономика и международные отношения. – 2011. – № 11. – С. 3 – 17.
4. Калинина, Н. Пути международного ограничения мировой торговли оружием / Н. Калинина // Мировая экономика и международные отношения. – 2013. – № 1. – С. 29 – 47.
5. Соколов, В. Машиностроительные кластеры в международном разделении труда / В. Соколов // Мировая экономика и международные отношения. – 2013. – № 5. – С. 31 – 40.
6. Путин В. Сказано-сделано // Российская газета. – 2013. – № 282 (6258). – 13 декабря.
7. Латухина К. Умножение на три // Российская газета. – 2014. – № 121(6393). – 30 мая.
8. Путин В. Логика жизни заставит нас выйти из кризиса // Российская газета. – 2014. – № 290 (6562). – 19 декабря.
9. Путин В. Принять вызов и победить. Послание президента Федеральному собранию России // Российская газета. – 2014. – № 278(6550). – 5 декабря.
10. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года / Утв. Распоряжением правительства РФ от 17.11.2008, № 1662 – р. URL: [http:// www.yongscience.ru](http://www.yongscience.ru) (дата обращения: 20.04.2014).
11. Карсунцева, О.В. Стратегические проблемы развития производственного потенциала машиностроения / О.В. Карсунцева, Р.В. Ключев // Наука и общество: проблемы современных исследований: сб. науч. статей / под ред. А.Э. Еремеева. – Омск: Изд-во НОУ ВПО «ОмГА», 2014. – С. 36 – 42.
12. Путин В. Принять вызов и победить. Послание президента Федеральному собранию России // Российская газета. – 2014. – № 278 (6550). – 5 декабря.

### FEATURES OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF RUSSIA IN CRISIS CONDITIONS

Yu.V. Kalashnikova

**Abstract.** In article features of innovative development of Russia are analyzed. The special attention is paid to the scientific and industrial capacity of the country. That is marked out the fact that in creation of the advanced production technologies of Russia regional science plays huge role. The role of defense industry complex and mechanical engineering as major factors of economic power of the state is emphasized. Problems, the above-named sectors of the in-

dustry interfering development are analyzed and ways of their overcoming are specified.

**Keywords:** features of innovative development of Russia, scientific capacity of regions, defense industry complex, mechanical engineering, crisis.

### References

1. Zeljova Ju.V. *Jeftektivnoe strategicheskoe upravlenie promyshlennymi predpriyatijami Rossii v uslovijah rynochnoj jekonomiki (makro- i mikrouroven')* [Effective strategic management of the industrial enterprises of Russia in the conditions of market economy]. Omsk: Izdatel'stvo OmGTU, 2006. 176 p.
2. Zornikov I.N., Pljashhenko T.E. O razvitii nauchno-tehnologicheskogo sotrudnichestva Rossii i ES: rol' regional'noj nauki [About development of scientific and technological cooperation of Russia and the EU: role of regional science]. *Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta*, 2010, no 2. pp. 155 – 159.
3. Ivanov N. Mirovoj krizis i ryok truda [World crisis and labor market]. *Mirovaja jekonomika i mezhdunarodnye otnoshenija*, 2011, no 11. pp. 3 – 17.
4. Kalinina N. Puti mezhdunarodnogo ograničhenija mirovoj trgovli oruzhiem [Ways of the international restriction of world trade with the weapon] *Mirovaja jekonomika i mezhdunarodnye*, 2013, no 1. pp. 29 – 47.
5. Sokolov V. Mashinostroitel'nye klasteri v mezhdunarodnom razdelenii truda [Machine-building clusters in the international division of labor]. *Mirovaja jekonomika i mezhdunarodnye otnoshenija*, 2013, no 5. pp. 31 – 40.
6. Putin V. Skazano-sdelano [Skazano-sdelano]. *Rossijskaja gazeta*, 2013, no 282 (6258). 13 dekabnja.

7. Latuhina K. Umnoženie na tri [Multiplication by three]. *Rossijskaja gazeta*, 2014, no 121(6393). 30 maja.

8. Putin V. Logika zhizni zastavit nas vyjti iz krizisa [Logik of life will force us to leave crisis]. *Rossijskaja gazeta*, 2014, no 290 (6562). 19 dekabnja.

9. Putin V. Prinjat' vyzov i pobedit'. Posla-nie prezidenta Federal'nomu sobraniju Rossii [Prinyat and to win against a call. Message of the president to Federal Assembly of Russia]. *Rossijskaja gazeta*, 2014. № 278(6550). 5 dekabnja.

10. The concept of long-term social and economic development of the Russian Federation for the period till 2020/ Utv. Rasporjazheniem pravitel'stva RF ot 17.11.2008, № 1662 – r. Available at: <http://www.yongscience.ru> (accessed: 20.04.2014).

11. Karsunceva O.V. R.V. Kljuev Strategicheskie problemy razvitija proizvodstvennogo potentsiala mashinostroenija [Strategic problems of development of production potential of mechanical engineering]. *Nauka i obshhestvo: problemy sovremennyh issledovanij: sb. nauch.* Omsk: Izd-vo NOU VPO «OmGA», 2014. pp. 36 – 42.

12. Putin V. Prinjat' vyzov i pobedit'. Po-slanie prezidenta Federal'nomu sobraniju Rossii [Prinyat and to win against a call.]. *Rossijskaja gazeta*, 2014, no 278(6550). 5 dekabnja.

*Калашникова Юлия Вадимовна (Россия, г. Омск) – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Общая экономика и право» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (646800, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: zeleva77@yandex.ru).*

*Kalashnikova Yulia Vadimovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of economical sciences, associate professor of the department “General economics and law” of Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, 5 Mira st., e-mail: zeleva77@yandex.ru).*

УДК 65.01

## МЕНЕДЖМЕНТ КАК СИСТЕМА-ТРАНСФОРМЕР

А.И. Ковалев<sup>1</sup>, Т.В. Ивашкевич<sup>1</sup>, О.Н. Левчegov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Омский филиал, Россия, г. Омск;

<sup>2</sup>Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Липецкий филиал, Россия, г. Липецк.

**Аннотация.** Предложена графическая композиция системы менеджмента как системы-трансформера. Создание такой системы является первым шагом прогностической аналитики и рационального выбора методов исследовательской деятельности. Система базируется на ресурсно-потенциальной концепции менеджмента в различных сферах деятельности. Базовая композиция, в которой отражаются и динамические и статические аспекты менеджмента может быть преобразована в зависимости от отраслевой принадлежности, макро- и микроэкономических факторов текущего момента, конкретных целей исследования.

**Ключевые слова:** менеджмент, система-трансформер, исследовательская деятельность.

**Введение**

Многоаспектная эффективность исследований в сфере менеджмента, рациональный выбор методов исследовательской деятельности, прогностическая аналитика – это и многое другое в данной области обуславливается правильным «первым шагом» – а

именно созданием графически четкой картины менеджмента как объекта исследования.

Мы предлагаем графическую композицию в виде системы менеджмента, которую можно отнести к классу трансформеров и которая базируется на ресурсно-потенциальной концепции менеджмента в различных сферах деятельности (рис. 1).

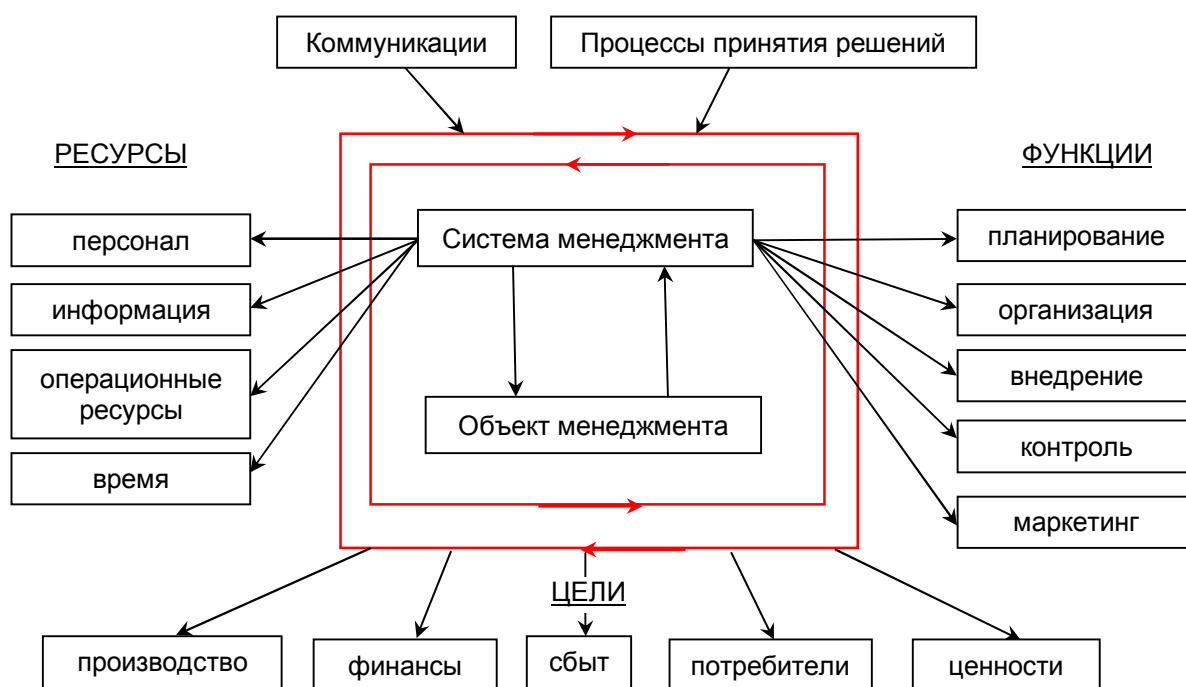


Рис. 1. Менеджмент как система-трансформер

Нетрудно заметить, что данная базовая композиция, в которой отражаются и динамические и статические аспекты менеджмента может быть преобразована в зависимости от отраслевой принадлежности, макро- и микро-экономических факторов текущего момента, конкретных целей исследования. Так, блок «функции» может быть расширен, скажем за счет выделения в самостоятельный элемент функции «прогнозирование». Функции могут быть подвержены дальнейшей детализации – допустим за счет появления «предпринимательского маркетинга» в функции «марке-

тинг». Иными словами, данная схема-трансформер готова воспринять все изменения, происходящие в теории и практике менеджмента и в этом смысле перекликается с широко известной графической концепцией – периодической системой Д.И. Менделеева.

**Исследование система менеджмента**  
 Универсальность данной графики подчеркивается тем, что такой формат может быть применен к описанию и исследованию любого блока в системе менеджмента. И сам процесс исследования в области менеджмента может быть представлен в подобном формате.

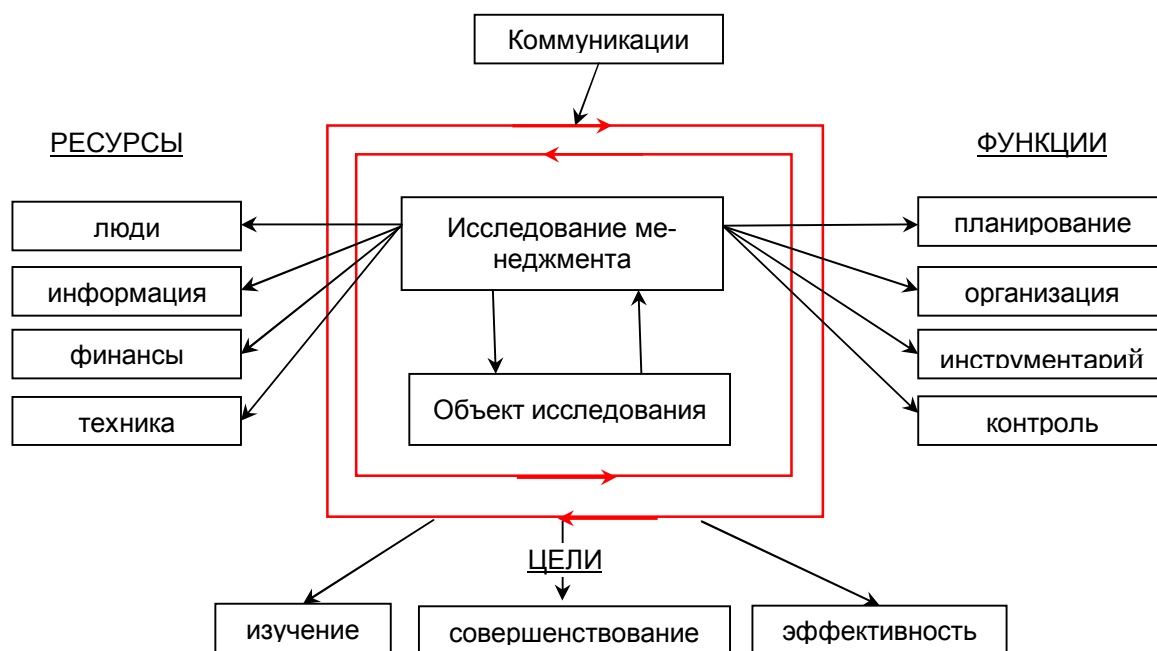


Рис. 2. Исследование как система-трансформер

Исследование менеджмента – это процесс изучения менеджмента организации с целью определения законов и закономерностей функционирования, совершенствования и развития организации. Основной целью исследований менеджмента организации является выявление проблемных ситуаций, вызывающих снижение эффективности менеджмента, и их устранение путем реализации управленческих функций [1].

Большинство работ в области исследований в менеджменте рассматривают набор методов исследований, мы же предлагаем выбор метода исследования привязывать к упомянутой выше схеме (рис. 2). Так, например, в ресурсном блоке менеджмента можно исследовать следующие области: исследование человеческих ресурсов, исследование информационных процессов (исследование управленческой документации, доступ к информации и вопросы этики), исследование финансовой состоятельности организации (финансовая и рыночная устойчивость, деловая активность, инвестиционная привлекательность, эффективность управления), исследование временного фактора менеджмента организации (ритмы и сроки функционирования), исследование операционных ресурсов (материальных, трудовых) [2].

В функциональном блоке менеджмента: исследование внутренней и внешней среды организации, исследования, применяемые в планировании деятельности организации, исследование организационной функции менеджмента, исследование функции внедре-

ния, исследование контроллинга в менеджменте, маркетинговые исследования. В процессе принятия решений: методы разработки, принятия и оптимизации управленческих решений (стратегические, оперативные, индивидуальные, групповые и т.д.), методы исследований управленческих решений в различных сферах деятельности организации. В качестве исследовательского инструментария, используемого в каждом из перечисленных областей, можно предложить следующие группы методов: общенаучные и конкретно-научные. К общенаучным методам относят три группы методов: эмпирические, эмпирико-теоретические и теоретические. К конкретно-научным методы отражающие специфику науки или области исследования.

#### Содержание основных составляющих функциональных блоков

Рассмотрим каждый из блоков более подробно. *Исследование человеческих ресурсов* – это процесс сбора и анализа информации о том, как работники выполняют порученные им функции, и выяснение того, в какой степени их рабочее поведение, трудовые показатели и индивидуальные характеристики отвечают требованиям организации и руководства. Он является составной частью процесса управленческого контроля, осуществляемого в отношении персонала организации. Результаты оценки используются для принятия управленческих и административных решений, связанных с назначениями, переводами, оплатой труда, увольнениями и др. В качестве методов исследования менеджеру можно реко-



мендовать такие методы как беседа, опрос, анкетирование, наблюдение и др.

*Исследование информационных процессов*, включает в себя три процесса: сбор, преобразование, использование информации. Каждый из этих процессов распадается в свою очередь на ряд процессов (процедур) информации, причем некоторые из них являются общими [3]. Процесс сбора информации состоит из процедур поиска и отбора. *Поиск* информации, хранимой в памяти компьютера, осуществляется как самостоятельное действие при выполнении ответов на различные запросы и как вспомогательная операция при обработке информации. *Отбор* информации производится на основе ее анализа и оценки ее свойств (объективность, достоверность, актуальность и пр.). *Процесс хранения* связан с необходимостью накопления и длительного хранения данных, с обеспечением их актуальности, целостности, безопасности, доступности. Основу *процесса преобразования информации* составляют процедуры обработки информации. *Процесс обработки информации* состоит в получении одних «информационных объектов» из других «информационных объектов» путем выполнения некоторых алгоритмов; он является одной из основных операций, выполняемых над информацией и главным средством увеличения объема и разнообразия информации. В то же время процедуры *кодирования, формализации, структурирования* можно вполне обоснованно отнести к процедурам обработки информации. Наряду с вышеперечисленными, к процессам обработки информации относятся также информационное моделирование, вычисления по формулам (численные расчеты), обобщение, систематизация, классификация, структурирование, кластеризация, схематизация и т. п. *При передаче информации* осуществляется ее перевод из одной формы представления или существования в другую, что определяется потребностями, возникающими в процессе реализации информационных технологий.

Важнейшим процессом использования информации субъектом является процесс *подготовки и принятия решений*. Поддержка принятия решения является наиболее важным действием, выполняемым при обработке информации. Широкая альтернатива принимаемых решений приводят к необходимости использования разнообразных математических моделей. Наряду с этим часто использование информации сводится к процедурам формирования документированной информации (документов) с целью подготовки информационного или

управляющего воздействия. *Защита информации* (контроль, безопасность и целостность) направлена на адекватное отображение реального состояния предметной области в информационной модели и обеспечивают защиту информации от несанкционированного доступа (безопасность) и от сбоев и повреждений технических и программных средств. *Создание документов, сводок, отчетов* заключается в преобразовании информации в формы, пригодные для чтения как человеком, так и компьютером. С этим действием связаны и такие операции, как обработка, считывание, сканирование и сортировка документов. *Исследование финансовой состоятельности организации* – заключается в изучении эффективности использования ресурсов руководителями, соответствующими службами предприятия, его учредителями, инвесторами, банками для оценки условий кредитования и определения степени риска, поставщики для своевременного получения платежей, налоговые инспекции для выполнения плана поступлений средств в бюджет и т. д. [4]. *Общепринятая методика оценки* включает горизонтальный, вертикальный, трендовый анализ, метод финансовых коэффициентов, а также сравнительный и факторный анализ. *Исследование временного фактора менеджмента* – это исследование всех видов затрат и потерь рабочего времени с выделением элементов операций и оперативного времени; подготовительно-заключительного времени; времени работы по обслуживанию рабочих мест; отдельные виды потерь рабочего времени; времени на выполнение отдельных элементов операций. Методы исследования трудового процесса разделяют на две группы: *однофакторные*, при которых изучается и фиксируется один показатель (например, время), и *многофакторные* (комплексные), при которых изучается и фиксируется не один, а целый ряд производственных показателей, непосредственно связанных с изученным процессом.

*Исследование операционных ресурсов* – метод научного подхода к решению производственных и коммерческих проблем, нацеленный на то, чтобы получить желаемые результаты наиболее эффективным и экономичным путем. Его принцип заключается в четком формулировании проблемы, разработке модели, показывающей возможные ее решения с использованием различных стратегий, и применении решения, полученного в результате анализа модели, для решения реальной проблемы. Этот метод использует теорию игр (game theory), анализ методом

критического пути (critical-path analysis), технику имитирования и т.д. [5].

*Исследование внутренней и внешней среды организации* – состоит в обеспечении такого взаимодействия организации со средой, которое позволяло бы ей поддерживать ее потенциал на уровне, необходимом для достижения ее целей, и тем самым давало бы ей возможность выживать в долгосрочной перспективе. При этом и внутренняя среда, и внешнее окружение изучаются в первую очередь для того, чтобы вскрыть те угрозы и возможности, которые организация должна учитывать при определении своих целей и при их достижении [6]. Анализ внешней среды должен определить, какие изменения во внешнем окружении воздействуют на текущую стратегию организации; какие факторы представляют угрозу для текущей стратегии организации. Анализ внешней среды должен дать перечень внешних опасностей и возможностей, ранжированных по степени воздействия на организацию. Анализ внутренних факторов организации должен оценить, позволяют ли внутренние силы воспользоваться возможностями и какие внутренние слабости могут осложнить будущие проблемы, связанные с внешними опасностями. Метод, используемый для анализа внутренних факторов, называют управленческим обследованием. Для целей стратегического планирования в обследование включают шесть комплексных факторов: маркетинг, финансы, производство, персонал, организационная культура и имидж организации.

*Методы исследований, применяемые в планировании деятельности организации* – балансовый, расчетно-аналитический, графо-аналитический, программно-целевой, экономико-математический.

*Балансовый метод* обеспечивает установление связей между потребностями в ресурсах и источниками их покрытия, а также между разделами плана. *Расчетно-аналитический метод* используется при планировании показателей плана, изучении их динамики и количественного размера факторов, на них влияющих. *Графо-аналитический метод* позволяет графическими способами смоделировать инновационные, производственные и организационные процессы на предприятии. *Программно-целевой метод* используется при разработке программ, а также лежит в основе разработки стратегического плана предприятия. *Экономико-математические методы* лежат в основе экономических моделей плановых пока-

зателей на основе выявления их количественной зависимости от основных факторов.

*Исследование организационной функции* заключается в выявлении и сопоставлении управленческих функций со звеньями, уровнями и связями между ними (функциональная структура), а также с распределением соответствующих функций ролей по должностям (ролевая структура), организационной структуры (или структурная модель), а также процесса управления (процессная структура или модель).

*Исследование функции внедрения* – это исследование механизмов реализации функций. Одним из наиболее известных методов является функционально-стоимостной анализ. Это метод определения стоимости и других характеристик изделий, услуг и потребителей, использующих в качестве основы функции и ресурсы, задействованные в производстве, маркетинге, продаже, доставке, технической поддержке, оказании услуг, обслуживании клиентов, а также обеспечении качества.

*Исследование контроллинга в менеджменте* – одно из важнейших направлений развития теории и практики управления и совершенствования организации планирования, учета, контроля и анализа финансово-хозяйственной деятельности предприятия, реализация которого позволяет в нужные сроки и качественно предоставить необходимую информацию на различные уровни управления, изменив методы обработки экономической информации на основе использования современной вычислительной техники [7].

*Маркетинговые исследования* – систематический сбор, учет и анализ данных по маркетингу и маркетинговым проблемам в целях совершенствования качества процедур принятия решений и контроля в маркетинговой среде. Методы сбора первичных данных, в свою очередь, делятся на методы сбора качественных данных, методы сбора количественных данных и так называемые *mix-методики*. Основные методы количественных исследований — это различные виды опросов и аудит. *Методы разработки, принятия и оптимизации управленческих решений* – можно разделить на методы, применяемые на этапе диагностики проблемы и формулировки ограничений и критериев (методы ситуационного анализа, методы моделирования); методы, применяемые на этапе определения альтернатив; методы, применяемые на этапе оценки альтернатив; методы, применяемые на этапе выбора, реализации решения и оценки результата.

*Методы исследований управленческих решений в различных сферах деятельности организации* – предполагают проведение исследований в финансовой деятельности организации, в маркетинге, в управлении персоналом, в управлении производственной деятельностью, в стратегическом управлении, в инновационной деятельности, в управлении интеллектуальными активами, в управлении информацией, в управлении качеством [8].

#### Заключение

Сложность исследований менеджмента связана в первую очередь, с ее неопределенностью, динамичностью и неоднородностью природы составных элементов. Множественность направлений работы системы менеджмента также создают определенные трудности в выявлении и ранжировании проблем управления. В связи с этим выявление и формулировка первоочередных проблем, и их оценка по степени значимости для организаций представляет одну из самых важных и актуальных задач исследования. От их решения будет зависеть будущее организации.

#### Библиографический список

1. Ковалев, А.И. Трансформируемая система менеджмента / А.И. Ковалев, Т.В. Ивашкевич // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 11-1. – С. 135-139.
2. Верников, Г.Г. Основные методологии исследования организаций. Стандарт IDEF0. – Режим доступа: <http://www.cfin.ru>
3. Короткова, Т.Л. Исследования в менеджменте: пособие для магистров / Т.Л. Короткова. – М.: КУРС: ИНФРА-М, 2014. – 256 с.
4. Михалев О.В., *Управленческие стратегии предприятий: устойчивость и эффективность* / О.В. Михалев, М.И. Москаленко. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2008. – 160 с.
5. Стерлигова, А.Н. *Операционный (производственный) менеджмент: Учебное пособие* / А.Н. Стерлигова, А.В. Фель. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 189 с.
6. Ковалев, А.И. *Сфера образовательных услуг: маркетинговые стратегии* / А.И. Ковалев, Т.В. Ивашкевич, В.А. Ковалев. – Hamburg, 2014.
7. Литовченко, М.В. *Эффективность управленческого консультирования и факторы, ее определяющие* / М.В. Литовченко, Н.А. Завалько // *Актуальные проблемы экономики и права*. – 2011. – № 4. – С. 181-184.
8. Самсонова, А.Б. *Исследование сущности и взаимосвязи понятий платежеспособности, ликвидности и финансовой устойчивости организации* / А.Б. Самсонова, Т.В. Конорева // *ЭКОНОМИКА РОССИИ В XXI ВЕК. Сборник научных трудов XI Международной научно-практической конференции «Экономические науки и прикладные исследования: фундаментальные проблемы модернизации*

экономики России», посвященной 110-летию экономического образования в Томском политехническом университете. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск, 2014. – С. 277-281.

#### MANAGEMENT AS A SYSTEM TRANSFORMER

A.I. Kovalev, T.V. Ivashkevich, O.N. Levchegov

**Abstract.** The authors have proposed a graphic composition of a management system as a system-transformer. Creation of the system is the first step of predictive analytics and rational choice of research methods. The system is based on the resource and potential concept of management in various fields of activity. Basic composition, which reflects dynamic and static aspects of management can be transformed, according to industry sector, macro-and microeconomic factors of a moment, specific objectives of study.

**Keywords:** management, system-transformer, research.

#### References

1. Kovalev A.I., Ivashkevich T.V. *Transformiruemaja sistema menedzhmenta* [The transforming system of management]. *Fundamental'nye issledovanija*, 2014, no 11-1. pp. 135-139.
2. Vernikov G.G. *Osnovnye metodologii obsledovanija organizacij. Standart IDEF0* [Main methodologies of inspecting organizations. IDEF0 standard]. Available at: <http://www.cfin.ru>
3. Korotkova T.L. *Issledovanija v menedzhmente: posobie dlja magistrrov* [Researches in management: a handbook for masters]. Moscow, KURS: INFRA-M, 2014. 256 p.
4. Mikhalev O.V., Moskalenko M.I. *Upravlencheskie strategii predpriyatij: ustojchivost' i jeffektivnost'* [Administrative strategies of enterprises: stability and efficiency]. Omsk: Izd-vo OmGPU, 2008. 160 p.
5. Sterligova A.N., Fel A.V. *Operacionnyj (proizvodstvennyj) menedzhment: Uchebnoe posobie* [Operational (production) management: handbook]. Moscow, INFRA-M, 2009. 189 p.
6. Kovalev A.I., Ivashkevich T.V., Kovalev V.A. *Sphere of educational services: marketing strategy*, Hamburg, 2014.
7. Litovchenko, M.V., Zaval'ko N.A. *Jefferktivnost' upravlencheskogo konsul'tirovanija i faktory, ee opredelajushhie* [Efficiency of administrative consultation and its determining factors]. *Aktual'nye problemy jekonomiki i prava*, 2011, no 4. pp. 181-184.
8. Samsonova A.B., Konoreva T.V. *Issledovanie sushhnosti i vzajmosvjazi ponjatij platezhеспособности, likvidnosti i finansovoj ustojchivosti organizacii* [Research of essence and interrelation of concepts of solvency, liquidity and financial stability of organizations]. *JeKONOMIKA ROSSII V XXI VEK. Sbornik nauchnyh trudov XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*

«Jekonomicheskie nauki i prikladnye issledovanija: fundamental'nye problemy modernizacii jekonomiki Rossii», posvjashhennoj 110-letiju jekonomicheskogo obrazovanija v Tomskom politehnicheskom universitete. Nacional'nyj issledovatel'skij Tomskij politehnicheskij universitet, Tomsk, 2014. pp. 277-281.

Ковалев Александр Иванович (Россия, г. Омск) – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Экономика, менеджмент и маркетинг», Омский филиал ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» (644043 г. Омск, ул. Партизанская, 6).

Ивашкевич Татьяна Владимировна (Россия, г. Омск) – кандидат экономических наук, доцент, заместитель директора по учебно-методической работе, Омский филиал ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» (644043, г. Омск, ул. Партизанская, 6, e-mail: Tlvashkevich@fa.ru).

Левченко Олег Николаевич (Россия, г. Липицк) – кандидат экономических наук, доцент, заместитель директора по учебно-методической работе, Липецкий филиал ФГБОУ ВО «Финансовый

университет при Правительстве Российской Федерации» (398050, г. Липецк, ул. Интернациональная, 12б).

Kovalyov Alexander Ivanovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of economics, professor, professor of the department "Economics, management and marketing", Omsk branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation (644043 of Omsk, Partizanskaya St., 6).

Ivashkevich Tatyana Vladimirovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of economic sciences, associate professor, deputy director for educational and methodical work, Omsk branch of the Financial university under the Government of the Russian Federation" (644043, Omsk, Partizanskaya St., 6, e-mail: Tlvashkevich@fa.ru).

Levchegov Oleg Nikolaevich (Russian Federation, Lipetsk) – candidate of economic sciences, associate professor, deputy director for educational and methodical work, Lipetsk branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation (398050, Lipetsk, Internatsionalnaya St., 12b).

УДК 656.072; 338.47

### ОРГАНИЗАЦИОННО – ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Е.Б. Лерман

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** Изучено состояние и тенденции развития предприятий городского пассажирского транспорта. Выявлены особенности функционирования рынка пассажирских услуг региона. Представлены приоритетные направления развития городского транспорта как социально значимой экономической системы. Рассмотрены экономические аспекты целесообразности внедрения автоматизированной системы контроля проезда при оказании пассажирских транспортных услуг.

**Ключевые слова:** рынок пассажирских транспортных услуг, муниципальный заказ, автоматизированная система контроля проезда (АСКП), предприятия городского пассажирского транспорта.

#### Введение

Особую значимость в решении важных социально - экономических задач повышения производительности труда в отраслях материального производства в регионе приобретает надежная и эффективная работа предприятий городского пассажирского транспорта. За последний период обострились скопившиеся проблемы в работе системы городского пассажирского транспорта. Принимаемые организационно - экономические меры для снижения убыточности предприятий муниципального транспорта носят локальный характер и направлены на решение ситуационных задач [1]. Отсутствие системного подхода при разработке долгосрочной целевой

программы инвестиционных вложений в систему городского пассажирского транспорта, недостаточное использование высокоэффективных транспортно-технологических процессов, слабая проработка экономических и организационно-правовых вопросов снижает результативность деятельности предприятий пассажирского транспорта, уровень качества и безопасность транспортного обслуживания населения [2].

Исследование деятельности муниципальных предприятий и в целом системы городского пассажирского транспорта показало, что требуется уточнение модели взаимодействия исполнителей транспортного процесса с инфраструктурой сформированного рынка го-

родских пассажирских перевозок региона, на основе экономически выгодного сотрудничества всех перевозчиков с целью безопасного и качественного транспортного обслуживания населения. Опыт рыночного развития городского транспорта убедительно показывает эффективность функционирования различных моделей регулируемого рынка, который должен базироваться на источниках финансового обеспечения возникающих при создании внесистемного и внутрисистемного эффектов в результате оказания транспортных услуг населению города. Для решения проводимых в регионе социально-экономических преобразований необходимо развитие одной из важнейших инфраструктур города, которой является городской пассажирский транспорт, удовлетворяющий все потребности населения в трудовых и социально-культурных передвижениях [3].

### **Особенности функционирования пассажирских муниципальных предприятий на рынке транспортных услуг региона**

Выполняя свою основную задачу полного и качественного транспортного обслуживания населения в перевозках, система городского пассажирского транспорта создаёт социально-экономический эффект. Экономический эффект формируется при обеспечении доставки работающих к местам приложения труда. При этом городской транспорт влияет на эффективность работы обслуживающих отраслей производственно-хозяйственного комплекса региона. С другой стороны возрастает социальная значимость городского общественного транспорта. Социальный эффект функционирования городского пассажирского транспорта проявляется при выполнении культурно-бытовых поездок, а также при оказании различных видов транспортных услуг населению города. Это определяет взаимосвязь между развитием экономического потенциала региона и действенной работой системы городского пассажирского транспорта. Исследование особенностей формирования рынка пассажирских транспортных услуг в городах Российской Федерации показало, что в настоящее время отсутствует единый подход к управлению системой городского пассажирского транспорта. Существуют различия в структуре, организации планирования и финансового обеспечения муниципального заказа, в особенностях взаимодействия и распределения функции и обязанностей между операторами рынка городских транспортных услуг, управлениями, транспортными подразделениями и службами органов местного самоуправления. Работа на рынке

транспортных услуг перевозчиков различных форм собственности обусловило рост конкуренции, одновременно обострило проблемы в работе городского транспорта, что привело к снижению результата деятельности муниципальных предприятий и повлекло за собой увеличение социальной напряженности в вопросах безопасности и качества транспортного обслуживания населения город [4].

Сложившееся положение в сфере транспортного обслуживания населения города выдвигает необходимость объективной оценки функционирования пассажирского транспорта. Ситуацию, в которой сейчас находятся муниципальные предприятия можно объяснить состоянием экономики города. Экономический рост региона взаимообусловлен увеличением объемов работы транспортной инфраструктуры. Структура объемов перевозок за последние годы меняется. Если в 2010 - 2012 годах основной объём транспортной работы, по перевозке пассажиров выполняли муниципальные предприятия, то в настоящее время более 55% пассажиропотока осваивают частные перевозчики. Муниципальные предприятия, являются объектом особого внимания со стороны администрации города, поскольку полностью обеспечивают перевозки социальной группы населения. Состояние муниципальных пассажирских предприятий нельзя назвать удовлетворительным: продолжающееся старение парка транспортных средств и в целом всей материально - производственной базы предприятий не может обеспечить полный и качественный объём транспортного обслуживания населения. Около 90% парка подвижного состава выработало амортизационный срок службы. За последние четыре года приобретено подвижного состава в количестве 51 автобуса и 10 троллейбусов. Списано за этот период с амортизированного подвижного состава в количестве 250 единиц. Для сравнения в 2006, 2008, 2009 годах приобретения были более существенные, в год по 50 и 100 автобусов. В настоящее время вряд ли будут найдены такие значительные средства, если один автобус стоит порядка 5-6 миллионов, троллейбус дороже, а трамвай порядка 15 миллионов [5]. Надежды на такие бюджетные поступления для обновления парка муниципальных предприятий, очевидно, нет поэтому приходится рассчитывать на частных перевозчиков. Транспортный рынок частного сектора также требует особого внимания, так как находится вне зоны строго контроля со стороны заказчика за работой автобусов на городских маршрутах, как по продолжительности

сти их работы на маршруте, так и по качеству оказанных транспортных услуг. Необходимость постановки и решения вопроса эффективности работы частного сектора определяется тем, что со снижением количества подвижного состава муниципального транспорта, количество транспортных средств в частном секторе резко выросло. На коммерческой маршрутной сети работало практически в два раза больше количества маршрутных такси, чем было допущено. Соответственно объем транспортной работы коммерческих перевозок в общем объеме пассажирооборота увеличился, что еще больше отразилось на ухудшении показателей финансового состояния пассажирских муниципальных предприятий. Изменение состава и структуры подвижного состава у операторов рынка пассажирских транспортных услуг в период рыночных реформ, привело к общему снижению провозных возможностей транспортной системы города. Объясняется это тем, что вместимость маршрутных автобусов такси значительно меньше по сравнению с подвижным составом муниципального транспорта, а безопасность передвижения, вследствие старения подвижного состава парка частного сектора и его культура обслуживания постоянно снижается. Сокращение провозных возможностей транспортной системы при росте численности населения города резко снижает качество транспортного обслуживания пассажиров, что может привести к социальной напряженности при решении вопросов организации пассажирских перевозок в городе.

Компенсация снижения провозных возможностей муниципального транспорта за счет увеличения количества маршрутных такси приводит к негативным последствиям. Для

муниципальных предприятий это чревато потерей платежеспособных пассажиров и дальнейшим ростом убыточности перевозок, для города - увеличением интенсивности дорожного движения, большими регулярными пробками, ростом дорожно-транспортных происшествий, ухудшением экологии и в целом снижением эффективности работы системы пассажирского транспорта в городе. Для решения данной проблемы необходим системный научный подход к совершенствованию структуры парка транспортных средств, как на муниципальных предприятиях, так и в частном секторе, который позволит поднять уровень транспортного обслуживания населения города на уровень социальных стандартов обеспечивающих необходимые нормативные показатели доступности и качество транспортных услуг. Изучение динамики основных экономических показателей деятельности муниципальных предприятий показывает негативную тенденцию конечного финансового результата. Объясняется это, прежде всего снижением объема перевозок на муниципальном транспорте вследствие быстрого развития частного сектора на рынке транспортных услуг. При выравнивании стоимости оплаты проезда выбор пассажиров остается за перевозчиками частного сектора, так как приоритетным по сравнению с другими показателями качества транспортного обслуживания является скорость передвижения пассажиров. На расходную часть бюджета муниципальных предприятий и формирования конечного результата деятельности большое значение оказывает рост цен на потребляемые энергетические ресурсы, а также проводимая индексация часовых тарифных ставок работникам предприятий (табл. 1, 2).

Таблица 1 – Финансовые результаты от перевозок пассажиров автомобильным транспортом общего пользования в г. Омске [6].

Показатель	2000	2005	2009	2010	2011	2012	2013
Доходы от перевозки пассажиров, млн. руб.	364,4	1282,8	1421,5	1514,1	1818,3	1710,5	2285,6
Расходы от перевозок пассажиров, млн. руб.	507,7	1327,4	2854,7	2958,9	3162,6	3374,6	3125,7
Прибыль / убыток от перевозки пассажиров, млн. руб.	-143,2	-44,6	-1433,2	-1444,8	-1344,3	-1664,1	-840,1
Уровень рентабельности, убыточности (-) перевозки пассажиров, %	-28,2	-3,4	-50,2	-48,8	-42,5	-49,3	-26,9
Средняя себестоимость перевозок пассажиров, руб./10 пасс. км	3,3	8,8	17,1	21,0	24,41	27,78	31,21

Продолжение Таблицы 1

Средняя доходная ставка от перевозки пассажиров, руб./10 пасс. км	2,4	8,5	8,5	10,74	14,03	14,08	22,82
Доля расходов по содержанию и эксплуатации автобусов общего пользования на внутригородском сообщении, компенсируемых платой за проезд, %	-	43	45	49	61	52	69

**Экономическая целесообразность внедрения автоматизированной системы контроля проезда пассажиров**

Рентабельность муниципальных предприятий может быть обеспечена за счет увеличения объемов перевозок при одновременном контроле издержек предприятий в целом. Стабилизировать финансовое положение пассажирских транспортных предприятий и увеличить социальную привлекательность муниципального транспорта может внедрение

автоматизированной системы контроля проезда (АСКП). Основной задачей, которой является увеличение сбора выручки по оплате проезда пассажиров при условии учета, регистрации и контроля каждого пассажира, воспользовавшегося услугами пассажирского транспорта. Только на основании достоверных данных о поступающих доходах от перевозки пассажиров, пассажирские предприятия смогут получать в полном объеме компенсации из бюджетов различных уровней.

Таблица 2 – Средние потребительские цены (тарифы) на товары и услуги в городе Омске, руб.

Показатель	2003	2005	2007	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Июль 2015
Бензин автомобильный марки А-76 (АИ-80), л	9,5	14	16,5	19,46	20,32	22,6	24,6	25,27	27,45	28,03
Бензин автомобильный марки АИ-92 (АИ-93 и т.п.), л	11,5	16,5	20,44	21	22,7	24,2	27	28,5	29,5	31,01
Бензин автомобильный марки АИ-95 и выше, л	12,69	17,86	22,23	24,23	24,68	26,29	29,45	31,38	33,12	35,39
Дизельное топливо, л	-	-	20,64	19	24,18	25,61	29,68	32,84	33,74	33,75
Проезд в маршрутном такси, поездка	6,85	7,73	9,53	11	11	12	13	18	18,5	20
Проезд в муниципальном транспорте, поездка	5	6	9	9	9	11	12	16	17	18

Экономическая целесообразность внедрения АСКП на предприятиях городского пассажирского транспорта должна, с одной стороны, базироваться на общих методологических принципах определения экономической эффективности. С другой стороны, в полной мере учитывать специфические особенности рынка пассажирских услуг и технологии выполнения транспортного процесса операторами различных форм собственности на едином пространстве маршрутной схемы городского пассажирского транспорта.

Достоинством АСКП является то, что система позволяет предприятиям городского пассажирского транспорта увеличивать сбор выручки, точно учитывать структуру пассажирских перевозок по видам проездных документов, используемых для оплаты проезда, различать категории пассажиров, пользующихся услугами городского транспорта, прогнозировать фактический объем перевозок, пассажирооборот и расстояние поездки каж-

дого отдельного пассажира. Вся полученная информация позволяет объективно решать ранее спорные вопросы сумм финансовой компенсации пассажирским предприятиям за выполненный объем транспортной работы, в том числе за пассажиров, имеющих право на льготный проезд. Кроме того, важным является полученная информация о передвижении пассажиров по маршрутной схеме города, что позволит сократить затраты на проведение транспортных обследований в процессе проведения которых расходуются значительные материальные и трудовые ресурсы [7,8,9].

Для обоснования целесообразности оснащения подвижного состава АСКП, необходимо установить экономическую эффективность такой структуры как меру рациональности использования материальных, трудовых и финансовых ресурсов. Экономическая оценка эффективности инвестиций в автоматизированную систему контроля проезда в город-

ском транспорте основывается на необходимости выявления факторов, оказывающие влияние на конечный результат, предусмотрев наряду со стандартным набором экономических показателей (количественных), используемых на практике для оценки эффективности инвестиционных проектов, ряд качественных показателей и социальных факторов.

В качестве экономических показателей предлагается рассматривать: возможное увеличение доходных поступлений за счет увеличения полноты оплаты проезда; затраты на внедрение АСКП в имеющуюся систему; текущие расходы для функционирования автоматизированной системы контроля оплаты проезда. При расчете экономической эффективности наряду с количественными показателями целесообразно рассматривать такие качественные и социальные факторы: увеличение количества оплаченных поездок; внедрение новых технологий способствует повышению производительности труда; значительно уменьшатся злоупотребления, связанные с продажей проездных документов и последующим контролем поездок пассажи-

ров; улучшение качества проезда; повышение платежеспособности предприятия. Экономическая оценка внедрения АСКП базируется на данных точного учета объемов перевозок пассажиров, полного сбора оплаты проезда и калькуляции издержек выполненной транспортной работы.

На одном из муниципальных пассажирских предприятий города Омска был проведен расчёт возможности внедрения АСКП. На все единицы подвижного состава предприятия предлагалось установить турникеты, действующие бумажные контрольные билеты заменить пластиковыми транспортными картами, а действующую штатную единицу – кондуктор – сократить, по причине низкой экономической эффективности, образовавшейся в связи с большими расходами на содержание кондуктора.

Выполненный сравнительный анализ затрат существующей и предлагаемой систем контроля оплаты проезда показал годовую экономию затрат равную 25,1 млн. руб. Структура затрат для сравниваемых вариантов представлена на рисунках 1 и 2.

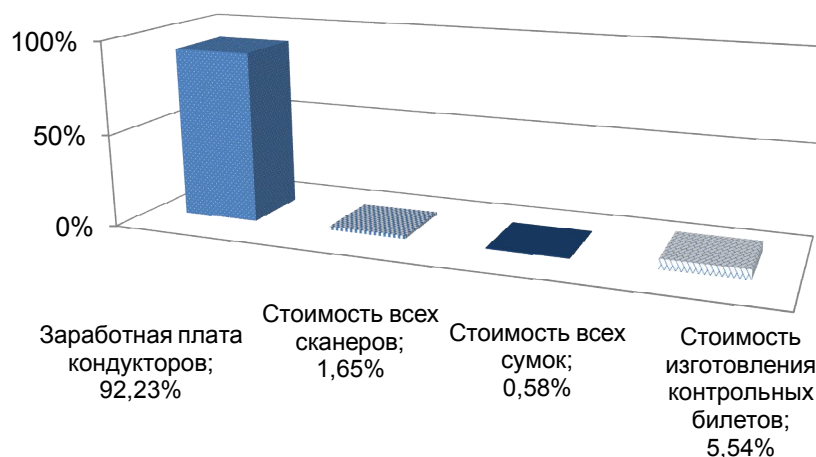


Рис. 1. Структура затрат при работе автобусов с кондукторами

Одним из показателей эффективности вложения инвестиций является срок окупаемости. Расчеты показывают, что срок окупаемости системы автоматизированного контроля проезда в городе Омске составляет 2,5 года при рентабельности 36%. Учитывая, что показатель окупаемости игнорирует все поступления денежных средств до момента полного возмещения первоначальных расходов, а средний срок окупаемости инвестиций по Российской Федерации составляет в среднем от 3-х до 5-и лет при рентабельности в

10-15 %, то расчётный показатель окупаемости является более чем приемлемым [10].

Внедрение современных технологий на городском пассажирском транспорте способствует решению экономической задачи роста итогового финансового результата деятельности пассажирских предприятий, а для города выполнению важной социальной задачи предоставления пассажирских услуг на основе современного уровня качества транспортного обслуживания.



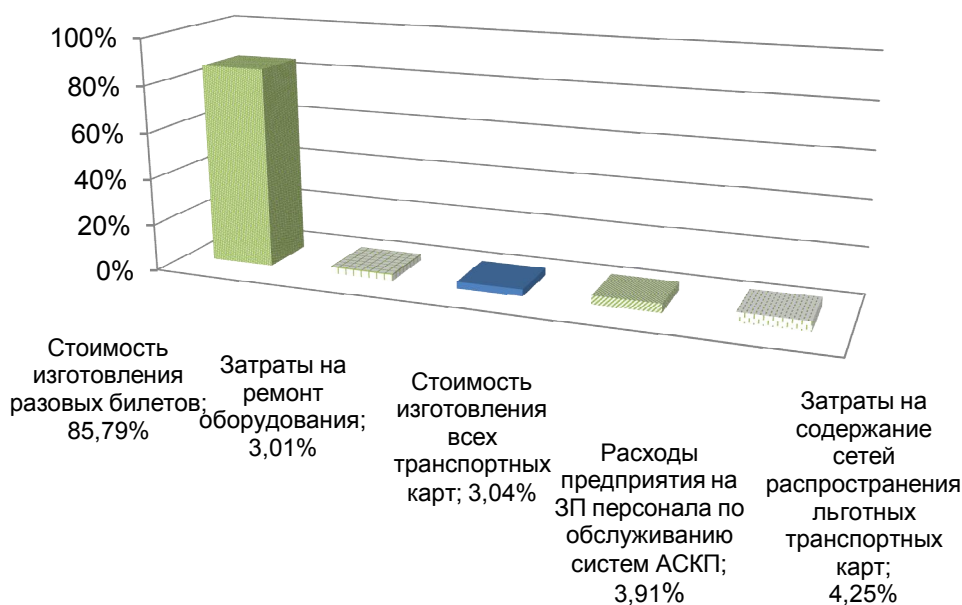


Рис. 2. Структура затрат при использовании АСКП

### Заключение

Дальнейшее обострение существующих проблем в работе городского пассажирского транспорта, является следствием отсутствия системного подхода при решении задачи повышения результативности работы муниципального транспорта. Только предприятия, имеющие подвижной состав с большими провозными возможностями способны качественно выполнить муниципальный заказ администрации города. Коммерческий транспорт в виду малых провозных возможностей не способен взять на себя большой объем транспортного обслуживания населения мегаполиса. Списание и недостаточное обновление парка подвижного состава муниципальных предприятий привело к значительному росту частных перевозчиков, которые увеличили транспортную нагрузку по основным магистралям города, снижая тем самым скорость движения транспортного потока, способствуют образованию «пробок», обостряя проблему безопасности дорожного движения.

Повышение эффективности деятельности пассажирских предприятий и повышение качества транспортного обслуживания в городе должно сопровождаться изменением структуры подвижного состава выполняющего муниципальный заказ города. Совершенствование структуры транспортных средств муниципальных предприятий и частного сектора может основываться на использовании данных автоматизированной системы контроля проезда, которая позволяет получить достовер-

ные сведения об изменении пассажиропотоков по месяцам, дням недели и часам суток. Выпуск подвижного состава с использованием АСКП обеспечит полный сбор доходов, снизит текущие затраты на выполнение транспортного процесса. Наличие на пассажирских предприятиях подвижного состава разной вместимости обеспечит выпуск автобусов в соответствии с пассажиропотоком, тем самым позволит снизить непроизводительные затраты, обеспечить увеличение доходов и рост рентабельности транспортных предприятий.

### Библиографический список

1. Улицкий, М.П. Основные направления модернизации автотранспортного комплекса России / М.П. Улицкий, Е.А. Башкатова // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) – 2013. – № 2(33). – С. 88 - 93.
2. Улицкая, Н.М. Управление имуществом комплексом городского общественного транспорта в условиях рыночного хозяйства: автореф. дисс. на соискание ученой степени д-р экон. наук: 08.00.05 / Н.М. Улицкая; М., 2012. – 48 с., ил.
3. Стратегия социально-экономического развития Омской области до 2025 года // Портал Правительства Омской области. – Режим доступа: [www.omskportal.ru/ru/government/branches/Economy/PageContent/0/body\\_files/file0/Strategiya\\_2025.pdf](http://www.omskportal.ru/ru/government/branches/Economy/PageContent/0/body_files/file0/Strategiya_2025.pdf)
4. Бирюков, В.В. Приоритеты модернизации городского пассажирского транспорта / В.В. Бирюков, В.Ю. Кирничный, Е.Б. Лерман // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2014. – № 1 (15). – С. 42 – 53.

5. Олейник, Д. Интервью. Игорь Кожухов, начальник отдела перевозок департамента транспорта – Режим доступа: <http://superomsk.ru/interviews/359>

6. Федеральная служба государственной статистики – Режим доступа: <http://www.gks.ru>

7. ГУП «Мосгортранс» – Режим доступа: <http://mosgortrans.ru/> (дата обращения 14.10.2014)

8. О результатах эксперимента по повышению сбора проездной платы и учету перевозки пассажиров в наземном городском транспорте Зеленоградского административного округа. Постановление правительства Москвы от 16 июля 2002 года N 549-ПП – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/3637446> (дата обращения 11.10.2014)

9. Автоматизированная система контроля проезда (АСКП) от Группы Smart Технологии на наземном городском пассажирском транспорте – Режим доступа: <http://www.smartek.ru/solutions/afcs/paysolutions/payground.aspx> (дата обращения 11.10.2014)

10. Лерман, Е.Б. Экономическая целесообразность внедрения автоматической системы контроля проезда на городском пассажирском транспорте г. Омска / Е.Б. Лерман // В сборнике: Развитие дорожно-транспортного и строительного комплексов и освоение стратегически важных территорий Сибири и Арктики: вклад науки материалы международной научно-практической конференции [Электронный ресурс]. Омск, 2014. Книга 3 С. 126-130.

#### ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC ASPECTS OF DEVELOPING ENTERPRISES OF PASSENGER TRANSPORT

E.B. Lerman

**Abstract.** The author has studied the condition and trends of developing enterprises of city passenger transport. The author has determined the peculiarities of functioning passenger services' market of the region. There are presented priority directions of developing city transport as a socially significant economic system. The author has considered economic aspects of expediency of introducing automated system controlling passage when rendering passenger transport services.

**Keywords:** market of passenger transport services, municipal order, automated system controlling passage (ASCP), enterprises of city passenger transport.

#### References

1. Ulitsky M.P. Osnovnye napravleniya modernizacii avtotransportnogo kompleksa Rossii [Main directions of modernization of a motor transportation complex of Russia]. *Vestnik MADI*, 2013, no 2(33), pp 50-56.

2. Ulitskaja N.M. *Upravlenie imushhestvennym kompleksom gorodskogo obshhestvennogo transporta*

*v uslovijah rynochnogo hozjajstva: avtoref. diss. na soiskanie uchenoj stepeni d-r jekon. nauk: 08.00.05* [Property management of urban public transport in conditions of market economy]. Moscow, 2012, 48 p.

3. *Strategiya social'no-jekonomicheskogo razvitiya Omskoj oblasti do 2025 goda* [Strategy of social and economic development of Omsk region until 2025]. Available at:

[www.omskportal.ru/ru/government/branches/Economy/PageContent/0/body\\_files/file0/Strategiya\\_2025.pdf](http://www.omskportal.ru/ru/government/branches/Economy/PageContent/0/body_files/file0/Strategiya_2025.pdf)

4. Biryukov V.V., Kirnichny V.Y., Lerman E.B. [Priorities of modernization of city passenger transport]. *Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovanija*, 2014, no 1 (15), pp 42-53.

5. Oleinik, D. *Inter'ju. Igor' Kozhuhov, nachal'nik otdela prerozok departamenta transporta*. Available at: <http://superomsk.ru/interviews/359>

6. Federal State Statistics Service. Available at: <http://www.gks.ru>

7. ГУП "Мосгортранс". Available at: <http://mosgortrans.ru>

8. О результатах эксперимента по повышению сбора проездной платы и учету перевозки пассажиров в наземном городском транспорте Зеленоградского административного округа. Постановление правительства Москвы от 16 июля 2002 года N 549-ПП [On the experiment's results of increasing fare taking and accounting passenger transportation in city transport of Zelenograd administrative district. The Moscow city government decree dated July 16, 2002 # 549-PP]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/3637446>

9. Avtomatizirovannaja sistema kontrolja proezda (ASKP) ot Gruppy Smart Tehnologii na nazemnom gorodskom passazhirskom transporte [The automated system controlling passage from Smart Technologies Group in city passenger transport]. Available at: <http://www.smartek.ru/solutions/afcs/paysolutions/payground.aspx>

10. Lerman E.B. [The economic expediency of introducing automatic system controlling passage on urban passenger transport in Omsk]. *Razvitie dorozhno-transportnogo i stroitel'nogo kompleksov i osvoenie strategicheskij vazhnyh territorij Sibiri i Arktiki: vklad nauki materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. 2013, book 3, pp 126-130.

*Лерман Евгения Борисовна (Россия, г. Омск) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и управление предприятиями» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: gsv-73@yandex.ru).*

*Lerman Evgeniya Borisovna (Russian Federation) – candidate of economic sciences, associate professor of the department "Economics and management of enterprises", Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, prospect Mira, 5, e-mail: gsv-73@yandex.ru).*

УДК 338

## УСТАНОВЛЕНИЕ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ СТРАТЕГИЕЙ И БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Т.В. Натальина

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»,  
Россия, г. Новосибирск.

**Аннотация.** В статье рассмотрен подход к формированию системы ключевых показателей эффективности для предприятий, базирующейся на установлении причинно-следственных связей между стратегией и бизнес-процессами. Предложена и апробирована на примере кожгалантерейной фабрики методика каскадирования целей и стратегий до уровня бизнес-процессов с выделением ключевых показателей эффективности, обеспечивающая формирование упорядоченной картины процесса развития предприятия.

**Ключевые слова.** Система ключевых показателей эффективности, цели, стратегия, бизнес-процессы.

### Введение

**Целостное видение проблемы формирования методологии исследования причинно-следственных связей между стратегией и бизнес-процессами предприятия.** Собственникам и менеджерам российских предприятий, осуществляющих свою деятельность в условиях высокой неопределенности внешней среды, частых финансово-экономических кризисов, для успешного руководства необходимо иметь четкое видение своего бизнеса и эффективную систему ключевых показателей, дающую оценку насколько верные решения они принимают, и как развивается предприятие в стратегическом аспекте. На практике возникают сложности с выделением ключевых показателей, определением их числа, построением единой системы, отражающей деятельность компании, дающей возможность сравнения с конкурентами, позволяющей оценивать процесс реализации выбранной стратегии, так как набор ключевых показателей (KPI) для каждого предприятия является индивидуальным, зависит от специфики деятельности, целей предприятия, выбранной стратегии.

**Обоснование и раскрытие содержания причинно-следственных связей между стратегией и бизнес-процессами предприятия**

Как показало проведенное автором исследование, существует четкая зависимость между целями предприятия, его стратегией, бизнес-процессами и ключевыми показателями эффективности. Система целей компании реализуется при помощи стратегии развития. Реализация стратегии, в свою очередь, требует осуществления бизнес-процессов, эффек-

тивность функционирования последних определяется системой KPI. Набор KPI закрепляется за менеджером или группой менеджеров, таким образом, устанавливаются зоны ответственности, и осуществляется контроль за ходом реализации стратегии. Схематично связь между целями и ключевыми показателями эффективности для предприятий, работающих в динамичной внешней среде, выглядит так: Цели стратегия бизнес-процессы KPI [1, с. 28].

Таким образом, цели предприятия связаны с набором KPI, который призван измерять степень достижения цели (достигнуты/не достигнуты/частично достигнуты). С другой стороны, KPI являются индикаторами эффективности бизнес-процессов. Для каждого ключевого бизнес-процесса можно установить ограниченное число измеримых показателей в абсолютных и относительных единицах, а также оценить динамику их изменения, что в свою очередь, позволит контролировать ход реализации стратегии. Ключевые показатели эффективности должны удовлетворять следующим требованиям: «настраивать» бизнес-процессы предприятия на достижение поставленных целей, служить контрольными точками при реализации стратегии, измерять степень достижения цели. При этом система KPI должна включать как финансовые, так и нефинансовые показатели [2]. Для определения системы KPI на конкретном предприятии предлагается устанавливать причинно-следственные связи между стратегиями, бизнес-процессами и ключевыми показателями эффективности. В качестве практического инструмента для этих целей применена причинно-следственная диаграмма (рисунок 1).

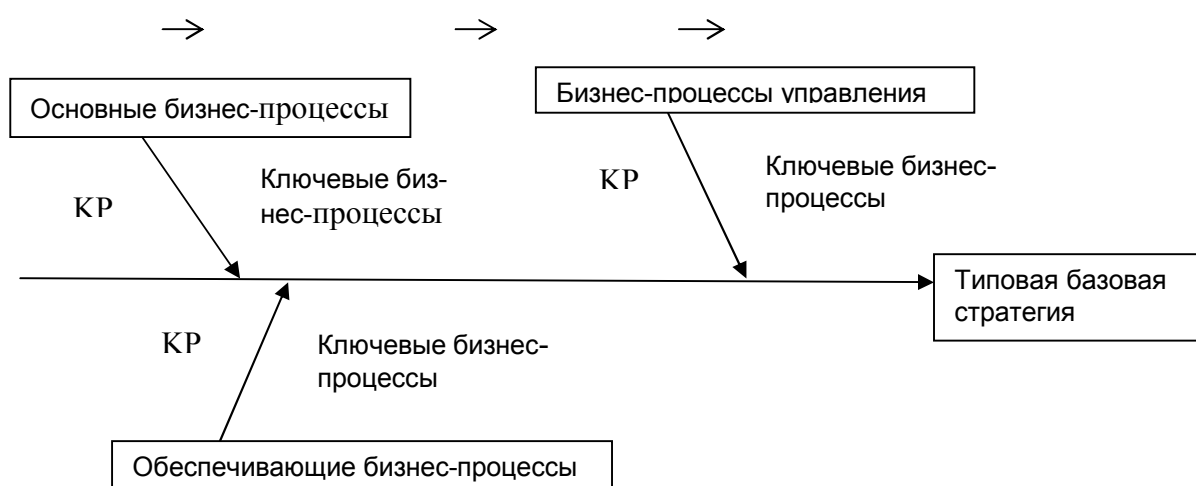


Рис. 1. Причинно-следственные связи между стратегией и ключевыми бизнес-процессами (диаграмма К. Исикавы)

На основе проведенного анализа методов разработки системы ключевых показателей эффективности предприятия установлено, что сформировать упорядоченную картину процесса его развития с выделением ключевых показателей эффективности возможно посредством метода каскадирования целей и стратегий до уровня бизнес-процессов. Это позволяет ответить на вопрос: чем нужно управлять на более низком уровне, чтобы достичь цели более высокого уровня. Эффективным инструментом каскадирования является матрица «дано-необходимо», представленная на рисунке 2. При этом левый столбец матрицы описывает возможные ситуации, в которых может находиться предприятие при осуществлении данного процесса, верхняя строка представляет собой последовательные шаги каскадирования, а на пересечении строк и столбцов приведены инструменты каскадирования. Продвижение по строке слева направо дает возможность получить алгоритм транслирования целей до ключевых показателей эффективности.

Сформированная система ключевых показателей эффективности является основой для коррекции бизнес-процессов и формирования нового «каркаса» производственно-хозяйственной системы, позволяющего эффективно реализовывать выбранную стратегию. При этом установлено, что система бизнес-процессов обладает всеми предпосылками возникновения в ней синергетических эф-

фектов.[3, с. 303]. Синергетические эффекты проявляются в сокращении затрат, в улучшении качества результата деятельности, в увеличении прибыли.

**Мониторинг причинно-следственных связей между стратегией и бизнес-процессами предприятия.**

Предложенный подход был апробирован на ряде промышленных предприятий. Так, например, авторы сформировали систему ключевых показателей для кожгалантерейной фабрики «Альянс». В настоящее время предприятие представляет собой холдинг, включающей четыре производственных площадки, собственную розничную сеть «Мир сумок», интернет-магазин, представительства в крупных городах России. Фабрика следует цели увеличения доли рынка, получения признания в области технологии и продукции.

Мониторинг развития предприятия позволил установить, что фабрика реализует стратегию роста, а именно стратегию вперед идущей вертикальной интеграции. Но предприятие сталкивается с рядом трудностей, характерных для российского рынка кожевенных изделий. А именно на развитие отрасли отрицательно влияют кризисные явления в экономике России. Так, объём рынка кожгалантереи в 2009 году сократился на 50% по сравнению с 2008 годом. В 2010-2011 гг. темп роста относительно 2009 года составил 110%, в 2014 г. темп роста составил 108% по отношению к 2011 г. [4, 5].

Необходимо Дано	Провести анализ внешней и внутренней среды	Разработать цели	Выбрать стратегию	Выделить бизнес-процессы	Определить ключевые показатели эффективности
<b>Аналитическая информация о бизнесе</b>	Стратегический, финансово-экономический анализ	Декомпозиция миссии. Корреляция ожиданий владельцев бизнеса с результатами стратегического и финансового анализа	Матрица финансовых стратегий. Типовые базовые стратегии. Анализ путей развития	Анализ функций. Выбор модели описания бизнес-процессов. Выделение бизнес-процессов.	Анализ используемых показателей. Разработка вариантов ключевых показателей
<b>Дерево целей</b>	Проверка целей на соответствие текущей ситуации	Варианты стратегических изменений	Разработка стратегических проектов. Выбор критериев оценки	Ранжирование бизнес-процессов по степени важности, проблемности, стоимости улучшений.	Установление причинно-следственных связей: стратегии-процессы-ключевые показатели эффективности
<b>Стратегии по достижению целей</b>				Выделение ключевых бизнес-процессов. Моделирование бизнеса	Матрица взаимодействия стратегий с бизнес-процессами через ключевые показатели эффективности
<b>Выделенные бизнес-процессы</b>					Система ключевых показателей эффективности
<b>Ключевые показатели эффективности</b>					Проверка согласованности

Рис. 2. Матрица каскадирования «дано-необходимо»

По мнению экспертов аналитического агентства Index Vox, рынок кожгалантереи является насыщенным. По большей мере насыщенность рынка достигается за счет импорта, который составляет 70,6%, на долю отечественных производителей приходится порядка 29,4% рынка. Основные страны, импортировавшие кожгалантерею в 2014 году: Китай, Индия, Италия, Франция, Испания.

Большинство российских фирм, продающих кожгалантерею, не имеют собственного производства, а занимаются оптовой перепродажей изделий импортного производства. Стоит отметить, что регионами сосредоточения продаж являются Москва и Санкт-Петербург, на них приходится до 40% всех продаж. Отрицательно на динамике производства сказывается дефицит сырья отечест-

венного производства. Основным сырьем для кожгалантерейной промышленности являются кожи крупного рогатого скота, дефицит которых вызван ежегодным сокращением поголовья скота. Производители вынуждены использовать сырье импортного производства [6]. По данным проведенного исследования, доля импортного сырья и материалов на КГФ «Альянс» составляет 80%. Основные поставщики сырья для кожгалантерейной промышленности – Китай и Корея. В условиях ослабления рубля относительно доллара и евро российские производители столкнулись с серьезной проблемой роста себестоимости своей продукции в связи с ростом цен на сырье и материалы.

Несмотря на то, что рынок кожгалантереи достаточно широк, по данным опросов поку-

пателей, для 50% потребителей наиболее значимой характеристикой изделия является его цена, т.е. преобладающим видом конкуренции является ценовая [7].

Результаты исследования российского кожгалантерейного рынка при помощи модели М. Портера «Пять сил конкуренции» отображены на рисунке 3.



Рис. 3. Модель "Пяти сил конкуренции" М. Портера для кожгалантерейной промышленности

Проведенное исследование позволило выявить ключевые факторы успеха в кожгалантерейной отрасли. КФУ, относящиеся к производству: высокий уровень технической оснащенности производства; высокий уровень производительности труда; ресурсосберегающие технологии.

КФУ, относящиеся к маркетингу: соответствие моде; широта и глубина ассортимента; использование нескольких каналов продаж.

КФУ, относящиеся к профессиональным навыкам: компетентность в области дизайна; доступ к высококвалифицированным кадрам.

Анализ ситуации внутри компании был проведен при помощи бизнес-диагностики, представляющей собой часть SWOT-анализа, выявляющей сильные и слабые стороны ис-

следуемой фабрики. Результаты диагностики представлены в таблице 1.

Проведенное исследование позволило сделать выводы о тесной взаимосвязи финансовых, стратегических целей и результатов. Баланс финансовых и стратегических целей создает возможности для развития предприятия [8, с. 334]. Анализ показал, что финансовая устойчивость фабрики «Альянс» не позволяет реализовать стратегию вертикальной интеграции. По результатам расчетов, для исследуемого предприятия приемлема умеренная финансовая стратегия, ориентированная на уравнивание двух приоритетов – ограниченного роста предприятия и необходимой финансовой устойчивости фабрики.

Таблица 1 – Результаты бизнес-диагностики ООО «КГФ Альянс»

Сильные стороны (S)	Слабые стороны (W)
1. Широта ассортимента (10 товарных групп, 5000 наименований изделий) 2. Высокое качество производимой продукции 3. Наличие собственной розничной сети 4. Использование нескольких каналов продаж 5. Стабильные отношения с поставщиками	1. Слабая известность бренда. 2. Нехватка готовой продукции в сезонные месяцы 3. Высокая зависимость от ограниченного числа поставщиков сырья и материалов 4. Высокая себестоимость производимой продукции

Выявлены основные причины неэффективной реализации стратегии для исследуемой фабрики: высокая зависимость от импортного сырья, техническая отсталость производства, низкая известность бренда и ряд других частных причин (рис. 4).

На основе установления причинно-следственных связей определены бизнес-процессы, работа которых порождает названные проблемы, к ним относятся следующие процессы: управление логистикой, производством, продажами, персоналом, финансами.

Применение метода каскадирования целей, стратегий, бизнес-процессов до уровня

ключевых показателей эффективности процессов позволило сформировать систему ключевых показателей для исследуемой фабрики. Результат каскадирования для фабрики «Альянс» фрагментарно представлен в таблице 2.

Разработанные ключевые показатели эффективности служат контрольными точками реализации выбранной стратегии. Настройка стратегически важных бизнес-процессовна достижение KPI позволяет сформировать цепочку бизнес-процессов, настроенную на реализацию стратегии развития предприятия.

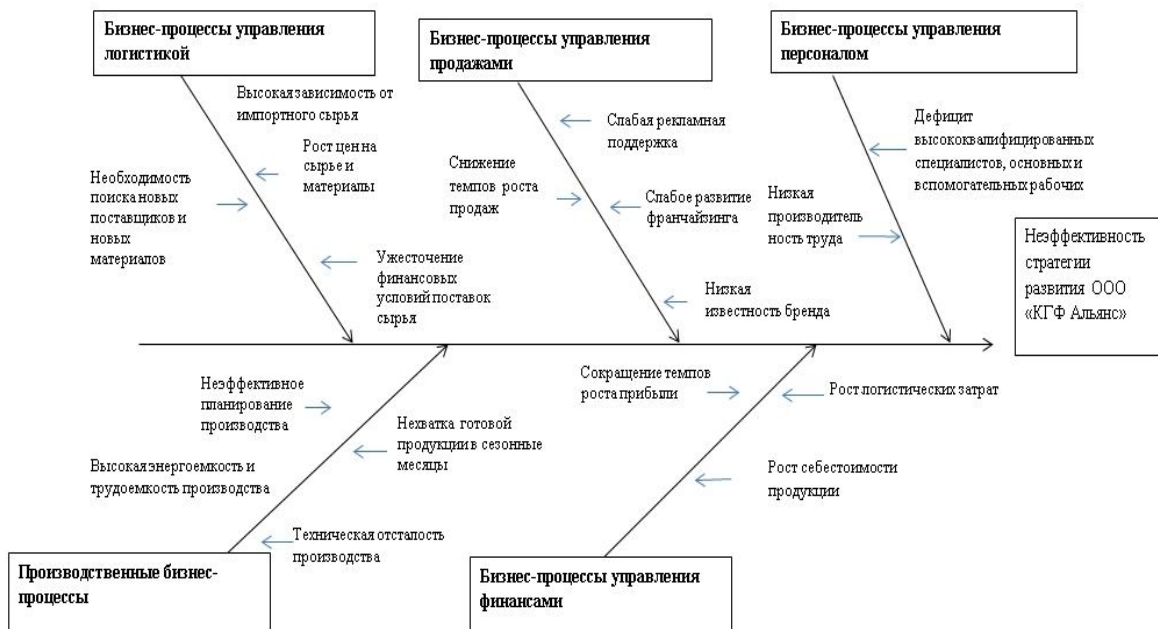


Рис. 4. Причинно-следственные связи недостаточной эффективности процесса реализации стратегии ООО «КГФ Альянс»

Таблица 2 – Фрагмент каскадирования стратегии, бизнес-процессов, ключевых показателей эффективности для ООО «КГФ Альянс»

Вид стратегии роста	Бизнес-процессы	Ключевые показатели эффективности (KPI)	Плановые KPI	Периодичность контроля плановых KPI
Стратегия ограниченного роста	Управление продажами	Процент выполнения плана продаж	Не менее 80%	ежемесячно
		Процент выполнения плана продаж по новому ассортиментному ряду	Не менее 90%	ежемесячно
		Число новых клиентов	2-3 клиента	ежемесячно
		Число ключевых клиентов	80	ежегодно
		Число постоянных клиентов	200	ежегодно
		Уровень текучести клиентов	12-18%	ежегодно
		Средняя рентабельность клиента	20%	ежемесячно
		Средняя рентабельность собственной торговой точки	35%	ежемесячно
		Доля в бизнесе клиента	30%	ежемесячно
		Среднее число товарных групп, представленных у одного клиента	6	ежемесячно
		Соответствие ассортимента потребностям клиента	Не менее 8 баллов по 10-ти балльной шкале	ежемесячно

### Заключение

Авторский подход ориентирован на решение практических проблем посредством разработки алгоритма, набора приемов и способов достижения желаемой практической цели. Проведенное исследование показало высокую степень точности полученных показателей. Такие результаты важны, поскольку стратегия детализирована до уровня бизнес-процессов и ключевых показателей последних, построена система ключевых показателей, что в свою очередь, является инструментом реализации стратегии и позволяет построить системный взгляд на принятую стратегию.

### Библиографический список

1. Курбатов А.Г. Разработка ключевых показателей эффективности: рекомендации практиков / А.Г. Курбатов, А.И. Кузнецов // Управление корпоративными финансами. – 2010. – №1. – С.2-41.
2. Андерсон, Б. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования / Пер. с английского С.В. Ариничева. – М.: РИА Стандарты и качество, 2003. – 272 с.
3. Гусев, Ю.В. Предпосылки возникновения синергетических эффектов при управлении бизнес-процессами компании / Ю.В. Гусев, Т.В. Натальяина // Вестник НГУЭУ. – 2014. – №2. – С. 298–303.
4. Россия в цифрах: краткий статистический справочник – М.: Росстат–М., 2014. – 581с.
5. Стратегия развития легкой промышленности до 2020 года [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://old.minpromtorg.gov.ru/ministry/strategic/sectora/1/3>
6. Безлепкина, Н.В. Состояние и перспективы развития легкой промышленности в Российской Федерации /Н.В. Безлепкина // Известия Академии

управления: теория, стратегии, инновации. – 2011. – № 4. – С.17-23.

7. MosShoes - Международная специализированная выставка обуви, сумок и аксессуаров [Электронный ресурс]: Интервью с директором компании Leo Ventoni – Романовой Натальей Викторовной-Режим доступа : [http://www.mosshoes.com/persons/persons\\_13.html](http://www.mosshoes.com/persons/persons_13.html)

8. Натальяина, Т.В. Формирование стратегии развития на основе анализа финансовой устойчивости компании / Т.В. Натальяина // Вестник БУКЭП. – 2015. – № 1. – С. 332-336.

### DETERMINING CAUSE AND EFFECT RELATIONS BETWEEN STRATEGY AND BUSINESS PROCESSES OF THE COMPANY

T.V. Natalyina

**Abstract.** The author has considered an approach to forming key indicators of efficiency for companies, based on determining cause and effect relations between strategy and business processes. There is suggested and tested on the basis of leather goods' factory a method of cascading purposes and strategies till the level of business processes with educating key indicators of efficiency, ensuring the formation of an ordered pattern of the company development's process.

**Keywords:** system of key indicators of efficiency, purposes, strategy, business processes.

### References

1. Kurbatov A.G., Kuznecov A.I. Razrabotka kljuchevyh pokazatelej jeffektivnosti: rekomen-dacii praktikov [Development of key indicators of efficiency: recommendations of experts]. *Upravlenie korporativnymi finansami*, 2010, no 1. pp. 2-41.
2. Anderson B. *Biznes-processy. Instru-menty sovershenstvovanija* [Business processes. Instru-



ments of improvement]. Moscow, RIA Standarty i kachestvo, 2003. 272 p.

3. Gusev Y.V., Natalina T.V. Predposylki vznikovenija sinergeticheskikh jeffektov pri upravlenii biznes-processami kompanii [Prerequisites of appearing synergetic effects at management of business processes of a company]. *Vestnik NGUJeU*, 2014, no 2. pp.298-303.

4. Rossiya v cifrah: kratkij statisticheskiy spravochnik [Russia in figures: brief statistical reference book]. Moscow, Rosstat-M., 2014. 581 p.

5. Strategy of development of light industry till 2020. Available at: <http://old.minpromtorg.gov.ru/ministry/strategic/sectoral/3>

6. Bezlepkina N.V. Sostojanie i per-spektivny razvitija legkoj promyshlennosti v Rossijskoj Federacii [Condition and prospects of developing light industry in the Russian Federation]. *Izvestija Akademii upravlenija: teorija, strategii, innovacii*, 2011, no 4. pp.17-23

7. MosShoes - the International specialized exhibition of footwear, bags and accessories. Available at: [http://www.mosshoes.com/persons/persons\\_13.html](http://www.mosshoes.com/persons/persons_13.html)

8. Natalina T.V. Formirovanie strategii razvitija na osnove analiza finansovoj ustojchivosti kompanii [Forming development strategy on the basis of analysis of a company's financial stability]. *Vestnik BUKJeP*, 2015, no1.pp. 332-336.

*Натальина Татьяна Валерьевна (Россия, Новосибирск) – аспирант 3 года обучения, специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» «НГУЭУ» (630099, Новосибирск, ул. Каменская 56, e-mail: mila\_ntv@mail.ru).*

*Natalina Tatiana Valerievna (Russian Federation, Novosibirsk) – 3<sup>rd</sup> year post-graduate student, speciality: economics and management of national economy. Novosibirsk State University of Economics and Management (630099, Novosibirsk, Kamenskai, 56, e-mail: mila\_ntv@mail.ru).*

УДК 005.8:625

### ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЕКТНОГО ОФИСА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ КОМПЛЕКСНЫХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ ДЕКОМПОЗИЦИИ РАБОТ

М.С. Перфильев

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены вопросы формирования проектного офиса для выполнения проектно-изыскательских работ комплексных инфраструктурных объектов капитального строительства. Сформулированы общие принципы формирования проектного офиса и приведена его организационная структура. Предложены варианты назначения сотрудников на должность главного инженера комплексного проекта. Определены функции сотрудников проектного офиса при управлении проектно-изыскательскими работами. В заключительной части приводятся рекомендации по формированию управляющих команд и организации проектно-изыскательских работ на крупных инфраструктурных объектах.

**Ключевые слова:** управление проектом, проектный офис, проектно-изыскательские работы, организационная структура, функции сотрудников.

#### Введение

В период с 2007 по 2014 год в России осуществлялась реализация проектов по подготовке к Олимпиаде-2014 в г.Сочи, Саммиту глав государств АТЭС-2012 в г. Владивостоке и ряда инфраструктурных объектов предусмотренных федеральной целевой программой «Развитие транспортной системы России (2010 - 2020 годы)». Возникла необходимость в достаточно короткие сроки определить места размещения, разработать градостроительную, проектную документацию и реконструировать и построить большое количество крупных объектов различного назначения: спортивные сооружения, мосты, железные и автомобильные дороги, морские порты и аэ-

ропорты, улично-дорожные сети, железнодорожные вокзалы, объекты энергетики и т.д. В реализации этих проектов в той или иной мере принимало участие большое количество отечественных проектных и строительных компаний. При подготовке организаций к реализации указанных выше проектов, крайне актуальной стала проблема формирования управляющих команд. В первую очередь эта проблема связана с отсутствием отечественного опыта реализации проектов такого масштаба в постсоветский период и как следствие, с отсутствием управленческих кадров необходимой квалификации.

В соответствии с сегодняшними представлениями теории управления проектами, осно-

вой для формирования организационных структур является иерархическая структура работ, полученная на основе декомпозиции проекта. На основе практического опыта, полученного автором в процессе управления проектно-изыскательскими работами на некоторых из указанных выше объектов, а также рекомендаций [1,2,3] был предложен вариант иерархической структуры проектно-изыскательских работ для комплексных инфраструктурных объектов (ИСП). Алгоритм создания ИСП более подробно описан в статье [4].

**Принципы формирования проектного офиса.** Формирование проектного офиса на основе декомпозиции работ начинается с определения специалистов, курирующих выполнение разделов и составляющих ядро команды проекта. Их основной задачей является своевременное обеспечение каждого исполнителя исходными данными, контроль хода работ, обеспечение увязки проектных решений с другими исполнителями и внешним окружением проекта, снятие возникаю-

щих проблем. В команду проекта могут включаться специалисты, как на полную, так и на частичную занятость. В свою очередь менеджер проекта осуществляет руководство указанными специалистами, принимает ключевые решения, отвечает за итоговый результат. Далее формируется структура проектного офиса. Она состоит из организационных структур текущих проектов и отдельных должностных лиц, обеспечивающих жизнедеятельность подразделения, к которым относятся: начальник отдела, экономист отдела, специалист по административно-хозяйственной работе, юрист. Кроме установления организационной структуры необходимо определить функциональные обязанности и правила взаимодействия между всеми сотрудниками проектного офиса, между членами проектных команд и внешними структурами: заказчиками, государственными и муниципальными учреждениями, субподрядчиками и т.д. Примерная структура проектного офиса приведена на рисунке 1.

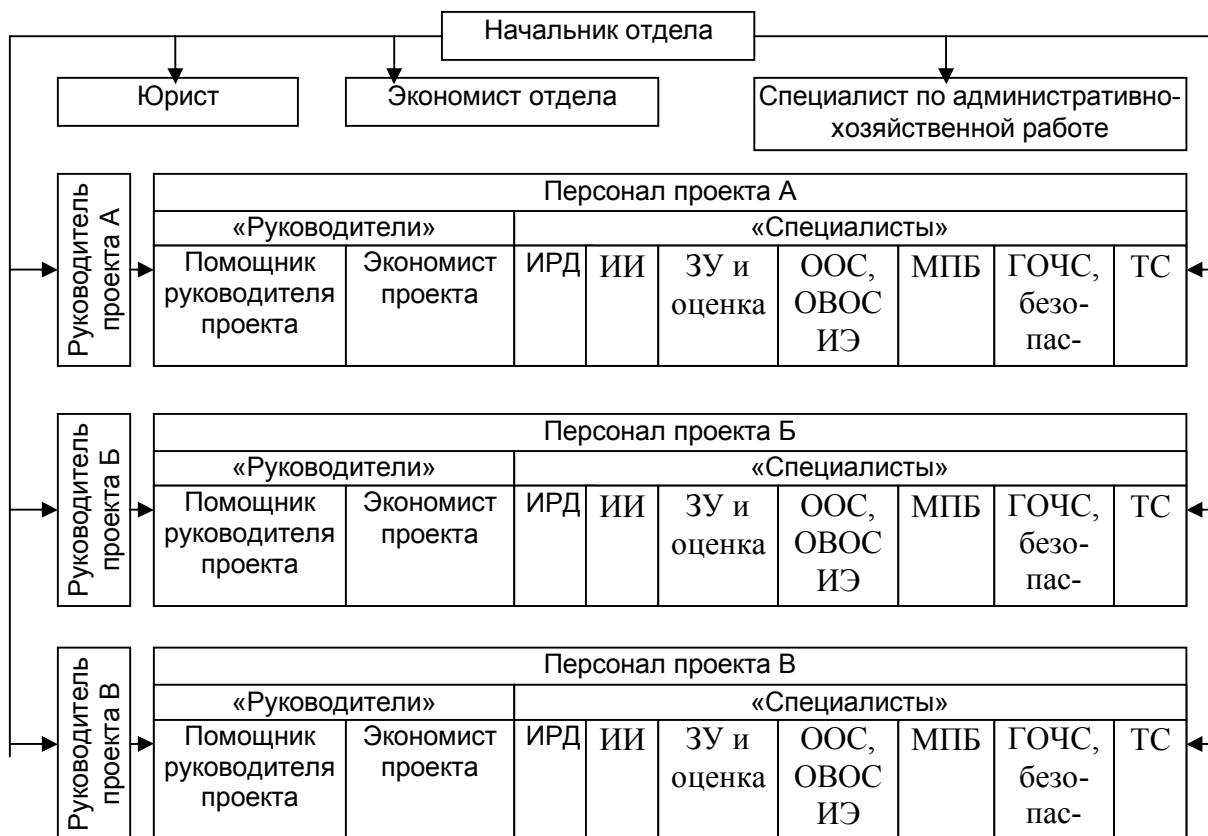


Рис. 1. Предлагаемая организационная структура проектного офиса

Все работающие в отделе сотрудники в зависимости от функций условно делятся на две группы: руководители и специалисты. Кроме того, есть функции, выполнение которых необходимо для поддержания жизне-

способности отдела в целом (например, ежемесячное представление документов в бухгалтерию предприятия для начисления заработной платы). Эти работы выполняются сотрудниками по совместительству и дополнительно

оплачиваются. Функции руководства отделом исполняются начальником. Должность начальника является штатной. Для каждой из этих групп сотрудников необходимо применить ту или иную систему оплаты труда [5].

Реальный объем управленческой работы по проекту адекватно увязать с каким-либо формальным показателем (например, со стоимостью проекта) практически невозможно, в связи с тем, что каждый проект имеет свои особенности и специфику: различные регионы, требования заказчика, набор согласований, земельных вопросов и т.д. В связи с этим оплату труда руководителя проекта затруднительно и неправильно увязывать с отработанными часами. Оплата труда руководителей с одной стороны должна быть тесно связана с достигнутыми по проекту финансовыми результатами, так как только в этом случае можно обеспечить их достаточную мотивацию. С другой стороны некоторые проекты изначально являются нерентабельными. Такие проекты условно можно назвать имиджевыми. Они возникают при заходе компании на новый рынок, при выполнении неких социальных обязательств перед местными администрациями и т.п. В этом случае, заранее известно, что финансовый результат проекта будет низким или вовсе отрицательным, даже если руководитель проекта приложит все возможные усилия. В связи с этим, для категории «руководители» целесообразно установить гарантированные оклады на период разработки проекта, а также премиальные поощрительные выплаты при достижении по проекту положительных финансовых результатов.

В каждом проекте имеются специализированные работы (например, работы по экологическим изысканиям и оценке воздействия на окружающую среду), выполнение которых происходит в ограниченном объеме и в ограниченные сроки. Для управления этими работами назначаются (или привлекаются) специалисты с необходимым уровнем квалификации. Специалисты могут быть как внешними, так и внутренними в зависимости от специфики работ и текущей загрузки штатных сотрудников отдела. Необходимый период работы и уровень оплаты специалиста определяются руководителем проекта. Размер заработной платы специалистов необходимо увязывать с выполненным объемом работ. Для этого целесообразно выполнить нормирование трудоемкости различных видов работ. Принципы нормирования труда более подробно изложены в соответствующей литературе, например [5].

**Назначение главного инженера проекта.** Важным вопросом формирования проектной команды является определение должностного лица, которое будет исполнять обязанности главного инженера проекта (ГИП). Сложность вопроса состоит в том, что в составе комплексных объектов осуществляется проектирование самых разных инженерных сооружений: автомобильных дорог, мостов, тоннелей, водозаборных сооружений, административных и промышленных зданий, промплощадок, инженерных сетей, объектов железнодорожного транспорта, автоматизированных систем управления и т.д. Найти или подготовить специалистов, глубоко владеющих спецификой всех указанных объектов практически невозможно. При решении этого вопроса возможны следующие варианты:

1. ГИП комплекса – отдельное должностное лицо. Такое решение имеет смысл при проектировании очень сложных в инженерном отношении объектов. При этом по каждому разделу комплексного проекта будет назначен соответствующий ГИП (например, ГИП по разделу «Мосты»).

2. Руководитель проекта совмещает должности ГИПа и менеджера. Это классическая схема, применяемая в большинстве отечественных проектных компаний. При этом основной объем проектных работ выполняется по какому-то одному виду инженерных сооружений (например, по автомобильным дорогам).

3. ГИП является внешним привлеченным лицом, работающим в структуре отдела исполнителя или субподрядчика. Такой вариант может быть реализован при использовании в проектной документации типовых проектных решений.

Универсального способа решения данного вопроса не существует. Для каждой конкретной ситуации принимается индивидуальное решение в зависимости от сложности решаемых в проекте инженерных задач и квалификации имеющихся кадров. Для определения круга обязанностей ГИПа можно воспользоваться рекомендациями [6].

**Функции членов команды проекта и офиса проекта.** Применительно к условиям проектирования крупных транспортных объектов определены основные функции участников проекта и используемые системы оплаты труда (см. табл. 1,2). В самом общем виде основные участники проекта и взаимосвязи между ними определены государственным стандартом [7]. Состав участников проектной команды для управления определялся на основе практической деятельности с учетом указанного документа.

## ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Таблица 1 – Функционал членов команды проекта и система оплаты труда

№ п/п	Роль в проекте (временная должность)	Система оплаты труда	Занятость в проекте	Основные функции (перечень курируемых разделов)
1	Руководитель проекта	повременно-премиальная	полная	Общее управление, принятие решений, обеспечение исполнения решений, принятых на более высоких уровнях управления. Ответственность за получение требуемых результатов проекта
2	Главный инженер проекта	повременно-премиальная	полная	Принятие технических решений, проверка проектной документации исполнителей, увязка смежных разделов, контроль качества выполнения разделов проектной документации, влияющих на безопасность и надежность сооружения, разработка состава проекта, сопровождение экспертиз и пр.
3	Помощник (заместитель) руководителя проекта	повременно-премиальная	полная	Организация работ, работа с субподрядчиками, обеспечение исполнения принятых решений Формирование общих томов проектной документации: «Пояснительная записка», «Исходные данные», «Технические условия ведомств и организаций» «Согласования», «Основные проектные предложения»
4	Экономист проекта	повременно-премиальная	полная	Документооборот: переписка, договоры, счета, акты, отчеты о командировках и т.д. Проверка смет на ПИР, контроль разработки смет на СМР Отчетная документация по проекту: бюджет, загрузка сотрудников, зарплата, субподрядчики, платежи Календарное планирование Ведение архива ПСД Сбор и передача исходных данных для разработки смет на СМР Сопровождение проверки сметной документации в экспертных учреждениях
5	Ответственный по подготовке исходно-разрешительной документации	Сдельно-премиальная	Частичная	Сбор исходных данных (по отдельному перечню) Получение технических условий (по отдельному перечню) Согласования (по отдельному перечню)
6	Ответственный по инженерным изысканиям	Сдельно-премиальная	Частичная	Контроль выполнения инженерных изысканий. В том числе получение необходимых разрешений и согласований, подготовка программ изысканий и технических заданий, увязка работ исполнителей Инженерно-геодезические Инженерно-геологические Инженерно-гидрометеорологические Микросейсмораионирование Инженерно-геокриологические Археологические Обследование на наличие ВОП Изыскания площадок ГСМ Изыскания источников водоснабжения

Продолжение Таблицы 1

7	Ответственный по контролю за разработкой землеустроительной документации и оценке земельных участков и объектов недвижимости	Сдельно-премиальная	Частичная	Проект полосы отвода
				Подготовка разрешительных документов для отвода земель: акты выбора земельных участков, акты выбора лесных участков, проекты освоения лесов и т.д.
				Организация и проведение публичных слушаний
				Проект планировки территории
				Проект межевания территории
				Оценка затрат, связанных с приобретением прав на земельные участки и объекты недвижимости
8	Ответственный по контролю за разработкой разделов ООС, ОВОС, выполнением инженерно-экологических изысканий	Сдельно-премиальная	Частичная	Сопровождение документации в экспертных учреждениях
				Сбор исходных данных для разработки разделов, подготовка и утверждение заданий
				Инженерно-экологические изыскания
				Проверка разделов ООС, ОВОС, расчета ущерба водным биологическим ресурсам, иных расчетов
				Организация и проведение общественных обсуждений
				Проект освоения лесов
9	Ответственный по контролю за разработкой раздела МПБ	Сдельно-премиальная	Частичная	Согласования
				Сопровождение документации в экспертных учреждениях
				Сбор исходных данных для разработки раздела
				Подготовка технического задания на выполнение работ, передача исходных данных
				Проверка выполненного раздела
				Увязка решений разных исполнителей. Подготовка общих выводов
10	Ответственный по контролю за разработкой разделов ГО и ЧС, СМиС, СМИК, противодействие актам незаконного вмешательства	Сдельно-премиальная	Частичная	Сопровождение документации в экспертных учреждениях
				Сбор исходных данных для разработки раздела
				Подготовка технического задания на выполнение работ, передача исходных данных
				Проверка выполненного раздела
				Увязка решений разных исполнителей. Подготовка общих выводов
				Сопровождение документации в экспертных учреждениях
11	Технический специалист	Повременно-премиальная	полная	Подготовка материалов технического и аналитического характера: расчеты объемов, подготовка графических материалов, демонстрационные и аналитические материалы

Таблица 2 – Основные функции должностных лиц отдела

№ п/п	Должность	Система оплаты труда	Занятость в проекте	Основные функции
1	Начальник отдела	повременно-премиальная	полная	Общее управление, организация работ. Контроль хода работ по проектам. Принятие решений находящихся вне компетенции руководителей проектов. Ответственность за финансовые и иные результаты отдела. Загрузка сотрудников
2	Экономист отдела	Простая повременная	Полная/ частичная. (в зависимости от количества текущих проектов)	Контроль платежей и взаиморасчетов с контрагентами. Взаимодействие с финансовыми и экономическими службами предприятия. Подготовка отчетности. Постоянная актуализация финансовых результатов проектов и отдела в целом. Документооборот в отделе.
3	Юрист	Простая повременная	Полная/ частичная. (в зависимости от количества текущих проектов)	Юридическое сопровождение проекта, квалифицированная помощь руководителю и специалистам
4	Специалист по АХР	Простая повременная	Полная/ частичная. (в зависимости от количества текущих проектов)	Материально ответственное лицо. Материальное и хозяйственное обеспечение всех работ отдела: аренда помещений, связь, обслуживание транспорта, приобретение и обслуживание оргтехники и т.д.

**Заключение**

Обобщив полученный практический опыт и учитывая устоявшиеся положения теории управления проектами, можно сформулировать следующие

1. Для эффективного управления проектно-изыскательскими работами на крупных инфраструктурных объектах ядро управляющей команды должно насчитывать 6 – 10 человек. Конкретное количество специалистов будет зависеть от многих факторов: размер и сложность проекта, территориальная рассредоточенность объектов проектирования, особенности местного законодательства, наличие ограничений и обременений на используемых земельных участках, уровень квалификации сотрудников и т.д. Имеет смысл сначала формировать команду с минимальным количеством сотрудников и при необходимости увеличивать их число.

2. С целью повышения производительности работ и снижения их стоимости, для каждой суммарной задачи целесообразно подготовить стандарт выполнения работ. В нем должны быть представлены: исходные данные для выполнения задачи (работы, отчета); ориентировочные сроки и стоимость работ, определенные по объектам-аналогам; состав итогового отчета; типовое техническое задание на выполнение работ; перечень обязательных и рекомендуемых нормативных документов; перечень необходимых технических условий и согласований. Методология

регламентации и управления каждым бизнес-процессом освещена в источнике [8].

3. Документально оформленные правила взаимодействия позволяют исключить дублирование функций и значительно улучшить управляемость как в проектной команде, так и в проектом отделе.

4. Размер заработной платы специалистов (в том числе проектировщиков) необходимо увязывать с выполненным объемом работ. Для этого целесообразно выполнить нормирование трудоемкости проектных работ и поддающихся нормированию работ по организации проектирования. Заработная плата руководителей проектов и их заместителей должна состоять из фиксированной части и дополнительного вознаграждения, зависящего от полученных результатов по проекту (стоимость, сроки и качество).

5. Так как этапы проектно-изыскательских работ в основном выполняются последовательно, то специалисты по управлению конкретными разделами в течение срока реализации проекта загружены неравномерно. Срок реализации проекта средней сложности составляет около полутора лет. Выполнение же одного раздела проектной документации для крупного проекта требует около 2-3 месяцев. С целью загрузки специалистов проектного офиса, работающих в штате организации, используются следующие решения: обучение сотрудника по нескольким направлениям работ, выполняемым

в разное время (например, сбор исходных данных и контроль разработки раздела «Меasures по обеспечению пожарной безопасности»); работа «узкого» специалиста одновременно на нескольких объектах.

Предлагаемая структура управления проектами отличается от традиционной введением дополнительного уровня управления – специалисты по управлению разделами проектной документации. В традиционной организационной структуре проектной компании ГИП (руководитель проекта) напрямую осуществляет контроль и увязку проектных решений всех исполнителей. В случае комплексного проектирования крупного объекта количество связей между участниками проекта, количество и разнообразие инженерных, правовых и организационных задач резко возрастает, возникает перегрузка руководителя. Приведенный в статье подход к формированию организационной структуры проектного офиса учитывает эти особенности. Формируемая структура обладает высокими адаптивными качествами, то есть позволяет быстро снимать возникающие проблемы, реагировать на запросы и замечания основных заинтересованных сторон: экспертных организаций, заказчика, будущего пользователя объекта, сетевых компаний, государственных и муниципальных учреждений.

#### Библиографический список

1. Верзух, Эрик Управление проектами: ускоренный курс по программе MBA.: Пер. с англ. – М.:ООО «И.Д. Вильямс», 2010. – 480 с.
2. Управление высокотехнологическими программами и проектами / Рассел Д. Арчибальд; Пер. с англ. Мамонтова Е.В.; Под ред. Баженова А.Д., Арефьева А.О. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2010. – 464 с.
3. Управление инвестпроектами строительства ТЭС. Предынвестиционная фаза / Л.К. Осика. – М.: Вершина, 2009. – 344 с.
4. Перфильев, М.С. Создание иерархической структуры проектно-исследовательских работ для комплексных инфраструктурных объектов капитального строительства / М.С. Перфильев // Вестник СибАДИ. – 2015. – № 4 (44). – С. 164-169.
5. Кадры предприятия: практическое пособие / Н.В. Пошерстник. – М.: Проспект, 2007. – 488 с.
6. МДС 11-11.2000 Организация работы управляющего проектом (ГИПа, ГАПа) в условиях рынка. Методические рекомендации.
7. ГОСТ Р 54869-2011. Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом. – Введ. 2012-09-01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 10 с.
8. Бизнес-процессы: Регламентация и управление / В.Г. Елиферов, В.В. Репин; Институт экономики и финансов «Синергия». – М.: Инфра-М, 2006. – 319 с.

#### CREATING A PROJECT OFFICE FOR IMPLEMENTING SURVEY WORKS OF COMPLEX INFRASTRUCTURE OBJECTS OF A CAPITAL CONSTRUCTION ON THE BASIS OF WORKS' DECOMPOSITION

M.S. Perfiliev

**Abstract.** The article dwells on the formation of the project office for implementing survey works of complex infrastructure objects of capital construction. General principles of forming the project office are formulated; its organizational structure is also provided. Options proposed for appointment to the post of chief engineer of the complex project. The author suggests variants of appointing workers on the position of a chief engineer of a complex project. The author has determined functions of the project office's workers, managing survey works. In the conclusion the author provides recommendations on forming control commands and organization of survey works on large scale infrastructure objects.

**Keywords:** management of project, project office, survey works, organizational structure, functions of workers.

#### References

1. Verzuh Erik *Upravlenie proektami: uskorennyj kurs po programme MBA* [Management of projects: an intensive course on MBA program]. Moscow, OOO I.D. Vil'jams, 2010. 480 p.
2. *Upravlenie vysokotekhnologicheskimi programmami i proektami* [Management of hightech programs and projects]. Moscow, Kompanija AjTi; DMK Press, 2010. 464 p.
3. *Upravlenie investproektami stroitel'stva TJeS. Predynvesticionnaja faza* [Management of investment projects of constructing thermal power plants. Pre-investment phase]. L.K. Osika. Moscow, Vershina, 2009. 344 p.
4. Perfiliev M.S. Sozdanie ierarhicheskoy struktury proektno-izyskatel'skih rabot dlja kompleksnyh infrastrukturnyh ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva [Creation of a hierarchical structure of survey works for complex infrastructure objects of capital construction]. *Vest-nik SibADI*, 2015, no 4 (44). pp. 164-169.
5. *Kadry predpriyatija: prakticheskoe posobie / N.V. Posherstnik* [Company's personnel: practical handbook]. Moscow, Prospekt, 2007. 488 p.
6. MDS 11-11.2000 Organizacija raboty upravljajushhego proektom (GIPa, GAPa) v uslovijah rynka. Metodicheskie rekomendacii [Work organization of a project manager in the market conditions. Methodical recommendations.].
7. *GOST R 54869-2011. Proektnyj menedzhment. Trebovanija k upravleniju proektom*. [State standard P 54869-2011. Project management. Requirements to project management]. Moscow, Standardinform, 2011. 10 p.
8. *Biznes-processy: Reglamentacija i upravlenie* [Business processes: Regulation and management]. V.G. Eliferov, V.V. Repin; Institut jekonomiki i finansov «Sinergija». Moscow, Infra-M, 2006. 319 p.

Перфильев Максим Сергеевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономика и управление дорожным хозяйством» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail:mair2002@rambler.ru).

Perfiliev Maksim Sergeevich (Russian Federation) – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Economics and roads management", The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail:mair2002@rambler.ru).

УДК 338.31

### КОНКУРЕНТНОЕ ПОВЕДЕНИЕ БИЗНЕСА В ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ

В.П. Плосконосова, В.В. Бирюков  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ» Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы формирования методологии исследования конкурентного поведения бизнеса, а также показаны особенности и условия его успешного поведения в инновационной конкуренции исходя из нелинейности инновационного процесса и наличия множества источников инноваций в современной экономике.

**Ключевые слова:** инновация, конкуренция, стратегия, конкурентные преимущества, креативная имитация.

#### Введение

В результате радикальных научно-технических, организационно-экономических и социально-политических перемен в настоящее время складывается принципиально новая парадигма ведения бизнеса, при этом российское предпринимательство сталкивается 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.

#### Целостное видение проблемы формирования методологии исследования

Несмотря на большое число работ, посвященных проблеме конкуренции, ее исследование остается актуальным. Теоретические предпосылки исследования поведения бизнеса в условиях инновационной конкуренции связаны с такими направлениями экономической теории, как институциональная экономика, эволюционная экономика и экономика фирмы. Следует отметить, что доминирующая в XXI в. неоклассическая парадигма экономической теории способствовала формированию структурного подхода к изучению конкуренции, как некоторого рыночного состояния, жестко детерминирующего формирование модели поведения фирмы. Однако

как заметил еще Ф. Хаеик, неоклассическая парадигма интерпретаций конкуренции не позволяет удовлетворительно ее описывать как реализацию динамического процесса, связанного с «процедурой открытия» новых возможностей развития экономической деятельности. В связи с этим со второй половины XX в. происходило развитие других направлений изучения конкуренции, которые базируются на «деятельной» интерпретации конкуренции.

Общую концепцию конкуренции целесообразно разрабатывать на основе подхода, который должен быть системным, учитывая системный характер организации деятельности фирмы, и эволюционным, что отвечает природе ее конкурентного поведения как сложной, саморазвивающейся и открытой системы [1]. В настоящее время среди современных теорий стратегического менеджмента концепция динамических способностей в наибольшей степени способствует изучению поведения фирмы, поддерживающей устойчивые конкурентные преимущества в условиях инновационной конкуренции [2]. Опираясь на ресурсный подход, она развивает неошумпетерианскую теорию фирмы и принятия решений в организации, в которой видны подходы поведенческой теории фирмы, эволюционного направления в экономической теории и шумпетеринского понимания инновационного процесса.

Стратегия конкурентного поведения фирмы зависит от выбора типа инноваций. Создание и тиражирование тех или иных типов инноваций как источников развития конкурентных преимуществ определяется стадией



жизненного цикла продукта. В рамках цикла жизни продуктов происходят последовательные улучшения от стадии зарождения до стадии зрелости. В период зарождения продукта движущей силой выступает шумпетерианский предприниматель, осваивающий радикальные инновации, а на последующих стадиях ключевую роль приобретает кирцнерианский предприниматель, восстанавливающий равновесие в экономике. На начальном этапе конкурируют разные модели продукта; с выделением доминирующей модели конкуренция осуществляется в рамках разных модификаций одной модели, формирующей массовый рынок. При этом прорывные инновации сменяются инкрементальными.

### **Особенности формирования инновационно-конкурентного поведения бизнеса в современной экономике**

Складывающиеся сегодня новое состояние конкуренции определяют как гиперконкуренцию, выделяя в качестве ее особенностей: 1) динамизм перемен; 2) многоаспектность целей и интересов, преследуемых соперниками, и 3) усиление агрессивности борьбы [3]. Переход к гиперконкуренции связан с появлением новой парадигмы поведения бизнеса, отрицающей традиционный подход к завоеванию устойчивых конкурентных преимуществ; сегодня не возможно удержание превосходства над конкурентом продолжительное время без создания новых преимуществ.

При гиперконкуренции меняется механизм конкурентной борьбы, позволяет борьба за рыночное лидерство, в ее фокусе оказывается не завоевание ценового лидерства, доминирующего положения на рынке или успеха первопроходца, а постоянное генерирование инноваций, позволяющих создавать конкурентные преимущества быстрее конкурентов, нападать внезапно и с разрушительным эффектом. При этом вялотекущее соперничество сменяется сокрушительной конкуренцией, опережение конкурентов при выходе на рынок с новым продуктом и внедрение нового потребительского стандарта приводит к появлению временной монополии [4]. Патентные гонки становятся ключевым методом борьбы за лидерство, ее результатом является исчезновение старых и создание новых рынков, что приводит к трансформации отраслевой структуры национальной экономики. Снижается значимость эффекта масштаба, определяющего преимущество крупных компаний [5].

Осуществляя поиск эффективных способов создания и удержания конкурентных преимуществ фирмы, исследователи сегодня все

более обращают внимание на переосмысление феномена инновационной деятельности. При этом указывается на важность отказа от утвердившейся недооценки значимости инкрементальных инноваций [6]. Данный тип инноваций возникает на основе использования креативных имитаций, которые сочетают в себе различные элементы заимствования прошлого опыта и знаний с элементами новизны, связанными с реализацией дополнительных знаний, и позволяют лучше адаптировать к запросам рынка. Хотя радикальные инновации вносят важный вклад в формирование конкурентных преимуществ, но большинство новшеств сегодня реализует за счет имитаций, которые часто не являются результатом простого копирования; распространенной разновидностью инноваций выступает креативная имитация.

Следует отметить, что в рамках традиционного направления теории инновационного менеджмента практика имитационной деятельности, как правило, противопоставляется задачам, решаемым на основе инновационной стратегии. Но уже в конце XX- начале XXI вв. многие авторы стали обращать внимание на то, что стратегия имитации может обеспечивать преодоление технологического отставания, позволяя экономить стоимостные и временные издержки. При этом указывается на целесообразность рассмотрения имитации как на уровне отдельной организации, так и на уровне национальной экономики в целом, когда происходит заимствование передовых технологий и методов управления из практики более развитых стран [7].

Пониманию механизмов генерирования и тиражирования инноваций в современной экономике способствовало осознание ограниченности линейной модели инновационного процесса и разработка его нелинейной модели. Линейная модель инноваций предполагает направленное движение от фундаментальных исследований к прикладным, последующую их адаптацию, трансфер технологий и дальнейшую диффузию инноваций; наиболее актуальной сегодня является модель множественных источников инноваций, предусматривающая возможность гибкой настройки деятельности каждого субъекта инновационной конкуренции.

При выборе инновационных стратегий развития конкурентных преимуществ бизнеса важным становится рассмотрение множества разнообразных ее вариантов как пространства, характеризующего переход от чистой имитации к чистой инновации с помощью креативной имитации [8]. Выбор рациональ-

ного варианта определяется ожидаемым соотношением выгод, издержек и рисков от его реализации, позволяющим создать динамические способности, ключевые компетенции и комбинации ресурсов, соответствующие перспективным тенденциям развития технологий и рынков.

Инновационная стратегия призвана реализовать систему мер, направленных на формирование способностей фирмы по выявлению, изучению, фильтрации и креативной адаптации успешных инновационных практик, а также обучение персонала. Для этого могут использоваться разные виды заимствования успешных инновационных решений: продукта и услуг, процесса и технологий, отраслевая и межотраслевая, региональная и глобальная. Возникающий при этом инновационный процесс может различаться по степени радикальности вносимых новшеств (от полного копирования до чистой инновации), величине издержек, размеру ожидаемого эффекта, срокам внедрения и получения планируемых результатов, сложности реализации, сферам деятельности бизнеса и другим характеристикам. Исходя из рыночного потенциала, ресурсной обеспеченности и способностей к инновациям фирма выявляет собственный набор факторов успеха, которые она переносит на свою практику, а также определяет источники их формирования – новые ключевые компетенции и комбинации ресурсов. При этом важно ориентироваться на возможности получения разных видов предпринимательской ренты [9].

#### Заключение

Сегодня в условиях перерастания конкуренции в новое качественное состояние – гиперконкуренции возрастает роль инновационной деятельности, как одной из ключевых альтернатив стратегии развития фирмы. Для российского бизнеса важным фактором формирования устойчивых конкурентных преимуществ становится использование эффективных способов участия в инновационной конкуренции на основе развития способностей к креативной имитации.

#### Библиографический список

1. Бирюков, В.В. Институты и институционально-эволюционная парадигма развития малого предпринимательства / В.В. Бирюков, Е.В. Романенко // Омский научный вестник. – 2012. – № 1. – С.34-37.
2. Helfat C., Finkelstein S., Mitchell W., Peteraf M., Singh H., Teece D., Winter S.2007. Dynamic Capabilities and Strategic Management: Understanding Strategic Change in Organization Blackwell. Oxford.

3. Aveni d R. (1994). Hypercompetition Managing the Dynamics of Strategic Maneuvering. N.Y.: the Free Press.

4. Тарануха, Ю.В. Конкурентное поведение фирмы в условиях гиперконкуренции / Ю.В.Тарануха // Менеджмент в России и за рубежом. – 2014. – № 2. – С. 22-30.

5. Бирюков, В.В. Структурные изменения в секторе малого и среднего предпринимательства в условиях формирования инновационной экономики / В.В. Бирюков, Е.А. Соловьева // Омский научный вестник. – 2014. – № 4. – С.40-45.

6. Бирюков, В.В. Модернизация промышленности и выбор инновационной стратегии развития предприятий / В.В.Бирюков // Вестник Омского университета, серия «Экономика». – 2013. – № 3. – С.94-99.

7. Cho H. D. The developmental path of networking capability of catch-up players in Korea` s semiconductor industry // R and D Management. T. 33. № 4. 2003.

8. Ethiraj, Zhu D. Performance effects of the imitative entry // Strategic management Journal. 2008.-№ 29 (8). P.797-817.

9. Плосконосова, В.П. Деловая среда развития малого предпринимательства и формирование предпринимательской ренты / В.П. Плосконосова, Е.В. Романенко // Вестник СибАДИ. – 2012. – № 1(23). – С. 116-120.

#### THE COMPETITIVE BUSINESS IN THE INNOVATIVE ECONOMY

V.V. Biryukov, V.P. Ploskonosova

**Abstract.** The article presents an analysis of the approaches to the problem of competitive business in the innovative economy, peculiarities of innovative competitive are considered.

**Keywords:** innovative, competitive, strategy, competitive advantages, creative imitation.

#### References

1. Biryukov V.V., Romanenko E.V. Instituty i institucional'no-evolyucionnaya paradigma razvitiya malogo predprinimatel'stva [Institutions and institutionalno-evolutionary paradigm of small business development]. *Omskij nauchnyj vestnik*, 2012, no 1. pp.34-37.

2. Helfat C., Finkelstein S., Mitchell W., Peteraf M., Singh H., Teece D., Winter S.2007. Dynamic Capabilities and Strategic Management: Understanding Strategic Change in Organization Blackwell.-Oxford.

3. Aveni d R. (1994). Hypercompetition Managing the Dynamics of Strategic Maneuvering. N.Y.: the Free Press.

4. Taranuha Ju.V. Konkurentnoe povedenie firmy v uslovijah giperkorkurencii [The competitive behavior of firms in hypercompetition]. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*, 2014, no 2. pp. 22-30.

5. Biryukov V.V. Solov'eva E.A. Strukturnye izmeneniya v sektore malogo i srednego predprinimatel'stva v uslovijah formirovaniya innovacionnoj jekonomiki [Structural changes in the

sector of small and medium business in the conditions of forming innovative economy]. *Omskij nauchnyj vestnik*, 2014, no 4. pp.40-45.

6. Birjukov V.V. Modernizacija promyshlennosti i izbor innovacionnoj strategii razvitija predpriyatij [Modernization of the industry and choice of innovative development strategy of the enterprises]. *Vestnik Omskogo universiteta, serija «Jekonomika»*, 2013, no 3. pp.94-99.

7. Cho H. D. The developmental path of networking capability of catch-up players in Korea`s semiconductor industry // *R and D Management*. Т. 33. № 4. 2003.

8. Ethiraj, Zhu D. Performance effects of the imitative entry // *Strategic management Journal*. 2008.-№ 29 (8). R.797-817.

9. Ploskonosova V.P., Romanenko E.V. Delovaja sreda razvitiya malogo predprinimatel'stva i formirovanie predprinimatel'skoj renty [Business environment of development of small business and formation of an enterprise rent]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 1(23). pp. 116-120.

*Бирюков Виталий Васильевич (Россия, г. Омск) – доктор экономических наук, проректор по НИР, профессор кафедры «Общая экономика и право» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: prorector\_nis@sibadi.org).*

*Плосконосова Вера Петровна (Россия, г. Омск) – Доктор философских наук, профессор, Заведующая кафедрой "Философия". ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).*

*Biryukov Vitaly Vasilyevich (Russian Federation, Omsk) – doctor of economics sciences, the vice rector for NIR, professor of "General Economy and Right" The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: prorector\_nis@sibadi.org).*

*Ploskonosova Vera Petrovna (Russian Federation, Omsk) – doctor of philosophy sciences, professor of «Filosofiya» The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5).*

УДК338.46

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ УСЛУГ ПО РЕМОНТУ ОБОРУДОВАНИЯ

<sup>1</sup>С.М. Хаирова, <sup>2</sup>А.В. Шимохин

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск;

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина, Россия, г. Омск.

**Аннотация.** В статье показана актуальность совершенствования системы ремонта оборудования, на основе специализации ремонтных услуг, проведен анализ рынка услуг по ремонту металлорежущего оборудования в Омском и других регионах, который показал, что фирмы, предоставляющие данные услуги не могут осуществлять ремонт в полном объеме, который необходим предприятиям, поэтому необходимо сохранять собственную ремонтную службу, рассмотрена распространенная структура организации ремонтной службы предприятия, отмечены её недостатки и предложена структура сервисной службы, а также возможные позитивные эффекты от реализации такой структуры.

**Ключевые слов:** система планово-предупредительного ремонта, организация ремонта оборудования. аутсорсинг ремонта, частичный аутсорсинг, специализация.

#### Введение

Новая экономическая энциклопедия [1] дает формулировку аутсорсинга: способ оптимизации деятельности предприятий за счет передачи непрофильных функций внешним специализированным компаниям. Известен принцип аутсорсинга [2]: оставляю себе только то, что могу делать лучше других, передаю внешнему исполнителю то, что он делает лучше и быстрее других.

Активное использование аутсорсинга началось в конце двадцатого века, когда в управлении стало активно применяться деление функций на основные и второстепенные и передачи последних внешним по отно-

шению к предприятию специалистам в той или иной области на длительный период [3].

Необходимость аутсорсинг ремонта и технического обслуживания может быть вызвана любой из следующих причин: желание сосредоточиться на основных видах деятельности; необходимость повышения качества обслуживания; острая необходимость снижения затрат; компании не хватает административного или технического опыта для производства нужных изделий и услуг; поставщики обладают отличной репутацией.

По данным [3] 54,9% американских компаний используют аутсорсинг в производстве и 43,8% – в обслуживании оборудования. В

российской практике эти цифры пока скромнее: только 10% компаний применяют аутсорсинг в целях обеспечения ремонта и технического обслуживания оборудования. Рынок услуг по ремонту оборудования в России пока не может полностью удовлетворить потребности предприятий.

В настоящее время на основе специализации вспомогательного производства развиваются услуги по ремонту оборудования, в том числе металлорежущих станков. По данным Министерства промышленности и торговли Российской Федерации [4] станочный парк остается сильно изношенным. Средняя степень износа станков, работающих на российских машиностроительных предприятиях близка к 50%, что отражается в высоких затратах на его содержание. Кроме того сегодня средний возраст рабочих-ремонтников более 50 лет, их уровень квалификации не отвечает требованиям работы с новым оборудованием. Подготовка таких рабочих требует значительно больше времени, чем подготовка обычных рабочих-станочников. Зачастую система ремонта предприятий имеет смешанную структуру, при которой сложный ремонт выполняет специализированный персонал, а мелкий ремонт и техобслуживание выполняет производственный персонал. В

этом случае остается риск, что персонал может не обладать необходимыми знаниями и опытом. Специализированные фирмы по ремонту имеют подготовленный персонал, обладающий необходимыми знаниями и опытом, а также другие ресурсы для обеспечения качественного ремонта. Однако такие фирмы не всегда могут осуществлять ремонт в полном объеме, который необходим предприятию. Таким образом, часть ремонтов может быть передана на аутсорсинг, а оставшуюся часть ремонтов должна выполняться ремонтной службой предприятия. Но для этого необходимо совершенствование организационной структуры ремонтной службы. Актуальным становится совершенствование системы организации ремонта и технического обслуживания оборудования.

#### **Анализ рынка услуг по ремонту оборудования**

Потери, связанные с отказами оборудования, являются признаком того, что ремонтная служба предприятия не справляется с потребностью оборудования в качественном ремонте и техническом обслуживании. Рассмотрим все виды ремонта и технического обслуживания, которые необходимы для обеспечения работоспособности оборудования (табл. 1).

Таблица 1 – Виды ремонта и технического обслуживания

Ремонт		Техническое обслуживание		
плановый	аварийный	Смазка узлов, замена масла	регулировка	Диагностирование
<b>Характеристики</b>				
Фиксированный межремонтный период, трудоемкость известна	Средняя наработка до отказа, трудоемкость может быть больше чем при плановом	Фиксированный период, трудоемкость известна и имеет небольшое значение	Фиксированный период, трудоемкость известна и имеет небольшое значение	Фиксированный период, трудоемкость известна
Требуются специальные знания и навыки	Требуются специальные знания и навыки			Требуются специальные знания и навыки

Наиболее часто необходимо выполнять работы по смазке и регулировке, эти виды услуг целесообразно оставлять в функциях ремонтной службы предприятия. Диагностирование требует специальных знаний и навыков, данный вид работ выполняется внешними специалистами, специализирующимися на работе с системами технического диагности-

рования. Работы по ремонту характеризуют такие параметры как: трудоемкость и наработка до отказа, (под наработкой до отказа понимается, время работы оборудования до планового или непланового ремонта).

Услуги по видам производственного сервиса предоставлены на рисунке 1.



Рис. 1 Виды услуг производственного сервиса

Анализ услуг по ремонту и техническому обслуживанию металлорежущего оборудования в Омском и других регионах показал следующее [5,6].

Федеральное Государственное Унитарное предприятие "Омское производственное объединение "Иртыш» предоставляет услуги по всем видам ремонта металлорежущего оборудования. ЗАО «Омский ЦТО ПО» выполняет услуги по модернизации оборудования и капитальному ремонту станков токарной группы. ООО «Сибирский гидромаш» осуществляет средние и капитальный ремонты. ЗАО «СТАНКОСЕРВИС» выполняет модернизацию и капитальные ремонты станков. Распределение объема предлагаемых производственных услуг по видам ремонта и технического обслуживания показано на рисунке 2.

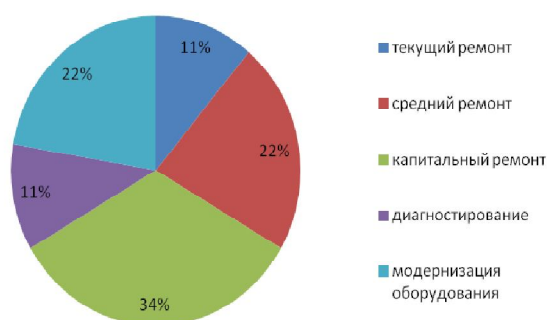


Рис. 2. Объем предоставляемых услуг по видам ремонта

В рыночных условиях содержание ремонтной службы организации и использование её только по прямому назначению приносит существенные затраты. Известен опыт заключения краткосрочных договоров с под-

рядными организациями на ремонт оборудования. Однако аутсорсинг предполагает более тесное взаимодействие, которое может включать: оценивание качества ремонта, совместное планирование работ, анализ статистики отказов и их причин, проведения диагностирования. Стоит отметить, что аутсорсинг ремонта имеет высокое значение при наличии постоянных отказов оборудования. Необходимо провести анализ, какими ресурсами владеет ремонтное подразделение организации: персонал с необходимым опытом и знаниями, уникальное оборудование.

**Структура сервисной службы**

Существует три формы организации ремонтного хозяйства на предприятиях[7]: децентрализованная; централизованная; смешанная.

В организациях РФ чаще встречается смешанная схема ремонтной службы, при которой ремонт осуществляется как в цехах так и в специализированном ремонтно-механическом цехе. В работах [7-8] отмечаются недостатки традиционной организации: низкое качество ремонтных работ, большие потери времени, практически не используемые площади и недогруженное оборудование. В зарубежной литературе обычно рассматриваются три основных направления улучшения потребительского сервиса, связанные с качеством менеджмента, а именно: улучшение использования всех ресурсов, эффективность и дифференциация. Лучшее использование ресурсов – это такая организация менеджмента на базе единства «продукт/сервис», которая позволяет снизить затраты потребителя. Прямым следствием этого является снижение цены товара и сопутст-

вующих услуг по сравнению с конкурентами [9]. Общая схема организации процесса ремонта оборудования следующая: все ремонтные подразделения выводятся в одно специализированное подразделение, в котором необходимо выполнять функции по анализу статистики и причин отказов, что осуществляет один из принципов менеджмента качества «принятие решений основанных на фактах». Для выполнения данной функции можно привлечь инженеров из отдела главного ме-

ханика ремонтной службы. Далее создаются специализированные бригады по типу оборудования, то есть в бригаде находятся специалисты хорошо знакомые с тем или иным оборудованием, количество бригад определяется размерами организации, например две бригады занимаются ремонтом станков, одна бригада ремонтом особо сложного оборудования и одна бригада занимается ремонтами кранового оборудования. Такая структура сервисной службы представлена на рисунке 3:

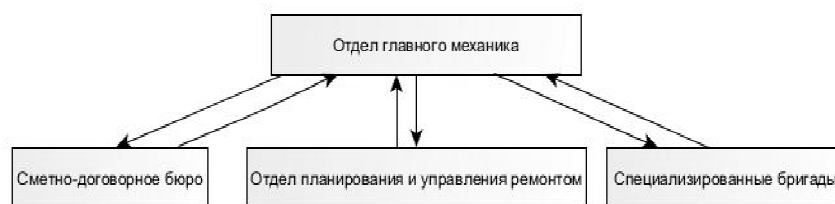


Рис. 3 Структура сервисной службы

Контроль технического состояния оборудования остаётся в задачах заводской лаборатории и производства. Основными задачами специализированных бригад являются:

обеспечение текущего обслуживания оборудования, обеспечение всего объема запланированных работ. В сервисной службе предлагаемой структуры целесообразно использовать почасовую оплату по тарифу за разряд, и премирование, которое зависит от качества выполненных работ и их объема [10]. Если ремонт был произведен качественно и отказов по причине, нарушений технических требований нет, то часть полученной прибыли должны быть разделена в виде премий между рабочими сервисной бригады и инженерами занимающимися данным ремонтом. Иначе часть денежных средств уходит на покрытие затрат по расходу материалов и запасных частей на восстановление отказа. Кроме ремонта сервисная служба также может выполнять заказы со стороны, в этом случае оплата премии производится также, если отсутствует брак.

### **Заключение**

В условиях высокого износа оборудования в машиностроении, для снижения затрат и обеспечения качества ремонта оборудования можно воспользоваться услугами специализированных фирм. Но проведенный анализ рынка услуг по ремонту металлорежущего оборудования показал, что фирмы, предоставляющие данные услуги не могут осуществлять ремонт в полном объеме, который необходим предприятию. Некоторые виды работ такие как: текущий ремонт и регули-

ровка, могут быть выполнены собственной службой ремонта.

Необходима разработка алгоритма выбора и передачи определенных видов ремонта на аутсорсинг. Для обеспечения качества работ предложена новая структура ремонтной службы. Кроме того, так как часть работ по ремонту взяла на себя фирма – аутсорсер, данная служба, имеет освободившиеся ресурсы, которые предприятие может использовать как в основном производстве, так и для получения дополнительной прибыли.

### **Библиографический список**

1. Румянцева, Е.Е. Новая экономическая энциклопедия / Е.Е. Румянцева. – М.: 2005. – 826 с.
2. Минпроторг России. Состояние и перспективы развития станкостроения России. – Режим доступа: URL: <http://minpromtorg.gov.ru/>
3. Курбанов, А.Х. Методика оценки целесообразности использования аутсорсинга / А.Х. Курбанов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 1 – С. 231-235.
4. Аутсорсинг: создание высокоэффективных и конкурентоспособных организаций: уч. пособие / Под ред. Б.А. Аникина. М.: Инфра – М, 2003. –187 с.
5. ОмПО Иртыш, ОАО – Режим доступа: <http://6724.ru.all.biz/remont-metallorzhushchego-oborudovaniya-s27568>
6. Омский центр технического обслуживания промышленного оборудования – Режим доступа: <http://www.omcto.ru/>
7. Ящура, А.И. Единое положение о планово-предупредительных ремонтах технологического и механического оборудования промышленных предприятий России / А.И. Ящура, В.И. Колпачков, И.А. Белолюбский. – М.: ГИГХС, 2003. – 56 с.
8. Русов, В.О. Спектральная / В.О. Русов. – Спб.: Виброцентр, 1996. -128 с.

9. Хаирова, С.М. Логистический сервис в глобальной экономике / С.М. Хаирова. – М.: ИД «МЕ-ЛАП», 2004. – 200 с.

10. Веснин, В.П. Управление персоналом. Теория и практика: учебник / В.П. Веснин. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2011. – 688 с

### PERFECTING ORGANIZATION OF SERVICES ON EQUIPMENT'S REPAIR

S.M. Khairova, A.V. Shimokhin

**Abstract.** The article provides relevance of perfecting a system of equipment's repair, on the basis of specialization of repair services, the author has conducted an analysis of the market of services on repair of metal-cutting equipment in Omsk and other regions which has showed that firms providing these services can't carry out repair in full for the companies therefore it is necessary to keep proper repair service. The authors have considered widespread structure of an organization of repair service of a company, there are identified its disadvantages and there is proposed structure of customer service and possible positive effects from realization of such structure.

**Keywords:** scheduled-preventive repair system, organization of equipment's repair, outsourcing repair, partial outsourcing, specialization.

### References

1. Rumyancheva E.E. *Novaja jekonomicheskaja jenciklopedija* [New economic encyclopedia]. Moscow, 2005, 826 p.

2. Sostojanie i perspektivy razvitija stankostroenija Rossii Minprotorg Rossii [Condition and prospects of developing machine-tool's construction in Russia]. Available at: <http://minprom.gov.ru>. H. Metodika ocenki celesoobraznosti ispol'zovanija outsorsinga [Methods of assessing expediency of outsourcing]. *Modern problems of science and education*, 2012 no.1, pp. 231-235.

4. Anikina B.A. *Autsorsing: sozdanie vysokojeffektivnyh i konkurentosposobnyh organizacij* [Outsourcing: creation of highly efficient and competitive organizations]. Moscow, 2003. 187 p.

4. *OmPO Irtysh, OAO* [OmPO Irtysh]. Available at: <http://6724.ru.all.biz/remont-metallorzhushchego-5oborudovaniya-s27568>

6. *Omskij centr tehničeskogo obsluzhivanija promyshlennogo oborudovanija* [Omsk center of the industrial equipment's maintenance]. Available at: <http://www.omcto.ru/>

7. Yashhura A.I., Kolpachkov V.I., Belolyubskiy I.A. *Edinoe položhenie o planovo-predupreditel'nyh remontah tehnologičeskogo i mehaničeskogo oborudovanija promyshlennyh predpriyatij Rossii* [Unified regulations on preventative repairs of technological and mechanical equipment of Russian industrial enterprises] Moscow, 2003. p.

8. Rusov V.O. *Spektral'naja vibrodiagnostika* [Spectral vibrodiagnostics]. St. Petersburg, 1996. 128 p.

9. Khairova S.M. *Logisticheskij servis v global'noj jekonomike* [Logistic services in the global economy], Moscow, 2004. 200 p.

10. Vesnin V.P. *Upravlenie personalom. Teorija i praktika* [Personnel management. Theory and practice]. Moscow, 2011. 688 p.

Хаирова Саида Миндуалиевна (Россия, г. Омск) – доктор экономических наук, доцент, заведующая кафедрой «Управление качеством и сервис» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: [saida\\_hairova@mail.ru](mailto:saida_hairova@mail.ru)).

Шимокhin Антон Владимирович (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры «Технический сервис, механика и электротехника» ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина (644008, г. Омск, ул. Институтская площадь, 1).

Khairova Saida Mindualievna (Russian Federation) – doctor of economics, associate professor, head of the department "Quality management and service", The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: [saida\\_hairova@mail.ru](mailto:saida_hairova@mail.ru)).

Shimokhin Anton Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – senior lecturer of the department "Technical service, mechanics and electrical equipment", Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin (644008, Omsk, Institutskaya ploshad st., 1).

## **Требования по оформлению рукописей, направляемых в научный рецензируемый журнал “Вестник СибАДИ”**

Для публикации принимаются рукописи по направлениям: **Транспорт. Транспортные и технологические машины; Строительство. Строительные материалы и изделия; Математическое моделирование. Системы автоматизации проектирования; Экономика и управление.**

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 подрисовочной 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 – подрисовочные 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, сот. 89659800019

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>