

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

# **ВЕСТНИК СибАДИ**

Выпуск 4 (38)

Омск  
2014

*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:*

**Витвицкий Е. Е.**, д-р техн. наук, проф.

**Волков В. Я.**, д-р техн. наук, проф.

**Галдин Н. С.**, д-р техн. наук, проф.

**Горынин Г. Л.**, д-р физ.-мат. наук, проф.

**Епифанцев Б. Н.**, д-р техн. наук, проф.

**Жигadlo А. П.**, д-р пед. наук, доц.

**Кадисов Г. М.**, д-р техн. наук, проф.

**Карпов В. В.**, д-р экон. наук, проф.

**Матвеев С. А.**, д-р техн. наук, проф.

**Мещеряков В. А.**, д-р техн. наук, доц.

**Мочалин С. М.**, д-р техн. наук, проф.

**Немировский Ю. В.**, д-р физ.-мат. наук, проф.

**Плосконосова В. П.**, д-р филос. наук, проф.

**Пonomarenko Ю. Е.**, д-р техн. наук, проф.

**Сиротюк В. В.**, д-р техн. наук, проф.

**Смирнов А. В.**, д-р техн. наук, проф.

**Хаирова С. М.**, д-р экон. наук, доц.

**Щербakov В. С.**, д-р техн. наук, проф.

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

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

*Editorial board:*

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

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

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

**Gorynin G. L.** physical.-mat. Science, Professor

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

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

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

**Karpov V. V.** Doctor of Economical Science, Professor

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

**Mescheryakov V.** Doctor of Technical Science, Docent

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

**Nemirovsky Yu. V.** Dr. physical.-mat. Science, Professor

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

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

**Sirotyuk V.** Doctor of Technical Science, Professor

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

**Khairova S.** Doctor of Economical Science, Docent

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

*Международный редакционный совет журнала:*

**Vinnikov Ю. Л.**, д-р техн. наук, проф., член Украинского общества механики грунтов, геотехники и фундаментостроения, член ISSMGE, член Академии строительства Украины (**Украина**)

**Zhusupbekov A. J.**, президент Казахстанской геотехнической ассоциации, директор геотехнического института при ЕНУ им Л.Н. Гумилева, д-р техн. наук., проф., член ISSMGE. (**Казахстан**)

**Lim Dong Oh**, д-р инженерных наук, проф., Президент Университета Джунгбу (**Южная Корея**)

**Lis Viktor** канд. техн. наук (**Германия**)

**Podshivalov V. P.**, д-р техн. наук, проф., зав. каф. инженерной геодезии Белорусского национального технического университета (**Белоруссия**)

**Khmara L. A.**, д-р техн. наук, проф., зав. каф. «Строительные и дорожные машины» ГВУЗ ПДАБА (**Украина**)

*International Editorial Board of the magazine:*

**Vinnikov J. L.** Dr.-Ing. science, a member of the Ukrainian Society of Soil Mechanics, Geotechnics and Foundation, a member of ISSMGE, member of the Academy of Construction of Ukraine (Ukraine)

**Zhusupbekov A. J.** President of Kazakhstan Geotechnical Association, Director of Geotechnical Institute at ENU LN Gumilev, Dr.- Ing. Science, Professor, member ISSMGE. (Kazakhstan)

**Lim Dong Oh** Dr. of Engineering, Professor University President Dzhungbu (South Korea)

**Victor Lis** Dr. – lang (WAK) (Germany)

**Podshivalov V. P.** Dr. tehcnical science, Head. Univ. Surveying Engineering of the National Technical University (Belarus)

**Khmara L. A.** Dr.-Ing. Sci., Head. Univ. "Construction and Road Machines" (Ukraine)

*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. Юренко

Подписано в печать 15.09. 2014 г. Формат 60×84 1/8. 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», 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ I

#### ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

<b>Ю. А. Ешкова, Е. Е. Витвицкий</b> Особенности практики грузовых автомобильных перевозок и подготовки водителей до 1991 года	7
<b>Л. Н. Киселева</b> Экспериментальная оценка показателей комплексного критерия приспособленности автомобиля, оснащенного дизельным двигателем к условиям низких отрицательных температур	14
<b>С. М. Мочалин, Л. В. Тюкина</b> Математическая модель описания процесса доставки груза в прямых цепях поставок	21
<b>И. О. Олейник, В. В. Евстифеев, Г. А. Голощапов, В. И. Гурдин</b> Исследование работоспособности композиционных подшипников скольжения на основе меди	29
<b>А. А. Портнова</b> Обоснование критерия эффективности маневренности автогрейдера с шарнирно-сочлененной рамой	34
<b>Э. А. Сафронов, К. Э. Сафронов</b> Оптимизация городской маршрутной сети	39
<b>К. Г. Шаршуков, С. С. Капралов</b> Методика определения характеристик бокового сцепления шины и расчет их оценочных параметров, полученных в стендовых условиях	44
<b>В. В. Шилер, А. В. Шилер, К. С. Фадеев</b> Энергетическая эффективность новой конструкции колесной пары	48
<b>В. Р. Эдигаров, В. В. Малый</b> Повышение износостойкости деталей ходовой части многоцелевых гусеничных машин комбинированными методами электромеханической обработки	57

### РАЗДЕЛ II

#### СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

<b>П. П. Ефимов</b> Методика применения двухлинейных моделей деформирования бетона и арматуры при расчёте железобетонных элементов кругового сечения, подверженных сложному силовому воздействию	65
<b>И. Н. Кузнецова, М. А. Ращупкина, С. В. Жуков</b> Технология пенобетона на основе торфа	72
<b>С. А. Матвеев, Е. А. Мартынов</b> Способы конечно-элементного моделирования армированных конструкций	77
<b>С. Ю. Столбова</b> Расчет допусков на разбивку вертикальных отметок пикетов автомобильных дорог с учетом точности технологических процессов их строительства	83
<b>М. А. Федорова, З. Н. Соколовский</b> Исследование параметров прочности и жесткости несущей металлической сетки из стали 12х18н9т в составе пластинчато-сетчатой панели	88
<b>А. И. Шеин, О. В. Снежкина, Р. А. Ладин, А. А. Киселев</b> Экспериментально-теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния коротких железобетонных балок	93

### РАЗДЕЛ III

#### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

<b>В. Я. Волков, О. Б. Ильясова</b> Графическое моделирование линейчатых многообразий пространства $R_n$ методами исчислительной геометрии	100
<b>В. И. Сологаев, Д. А. Чернов</b> О моделировании турбулентных потоков методом конечных разностей в электронных таблицах при решении строительных задач	104

РАЗДЕЛ IV  
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

**Е. А. Байда, Ю. А. Павлова**

Методические рекомендации по разработке систем управленческого учета затрат на качество для проектных организаций 109

**С. А. Бородулина**

Вопросы ведения предпринимательской деятельности на транспорте с использованием методов процессного управления 116

**А. Э. Вильмс**

Изменения в учетно-аналитических системах компаний при входе в стратегический альянс 122

**В. В. Карпов, И. В. Вдовин**

Оценка экономических ущербов коммерческих потребителей с учетом надежности электроснабжения 128

**О. Ю. Патласов, А. М. Самарин**

Нейросетевое моделирование оценки финансового состояния участников коммерческих тендеров и госзакупок 135

**Л. В. Эйхлер, Е. Ю. Ренгольд**

Взаимодействие государства и предпринимательства в транспортном комплексе 144

**Е. В. Табачникова**

К вопросу о методах оценки устойчивого развития социально-экономической системы (на примере предприятия транспортной отрасли) 151

РАЗДЕЛ V  
ВУЗОВСКОЕ И ПОСЛЕВУЗОВСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

**И. В. Бабичева, Т. Е. Болдовская, Н. С. Горбоносова, Л. А. Усольцева**

Реализация комплексного подхода к разработке содержания учебно-методических пособий по математике для технических вузов 159

**Е. С. Терещенко, Д. Ю. Фадеев, Д. В. Шабалин**

Методические аспекты применения диагностических алгоритмов поиска неисправностей при обучении курсантов высших технических учебных заведений. 166

## CONTENTS

### PART I

#### TRANSPORTATION. TRANSPORT TECHNOLOGICAL MACHINERY

<b>J. A. Eshkova, E. E. Vitvitsky</b> The peculiarities of the trucking's practice and training of drivers till 1991	7
<b>L. N. Kiselyova</b> Experimental assessment of complex criterion' indicators of automobile's suitability, equipped with a diesel engine, to conditions of low negative temperatures	14
<b>S. M. Mochalin, L. V. Tyukina</b> A mathematical model describing the process of delivering cargo in direct supply chains	21
<b>I. O. Oleinik, V. V. Evstifeev, G. A. Goloshapov, V. I. Gudrin</b> Study of operability of composite slide bearings based on copper	29
<b>A. A. Portnova</b> Justifying a criterion of efficiency of motor-driven grader's maneuverability with steering frame	34
<b>E. A. Safronov, K. E. Safronov</b> Optimization of municipal route network	39
<b>K. G. Sharshukov, S. S. Kapralov</b> Methodology of determining characteristics of lateral tire traction and calculation of their evaluative parameters received in laboratory conditions	44
<b>V. V. Shiler, A. V. Shiler, K. S. Fadeev</b> Energy efficiency of a new construction of a wheel pair	48
<b>V. R. Edigarov, V. V. Malyy</b> Improving wear resistance of details of multi-purpose tracked machines' running gear by combined methods of electromechanical processing	57

### PART II

#### ENGINEERING. BUILDING MATERIALS AND STRUCTURES

<b>P. P. Efimov</b> A method of applying two linear models of concrete and armature's deformation in calculating the reinforced concrete elements of circular cross section, liable to complicated force impact	65
<b>I. N. Kuznetsova, M. A. Raschupkina, S. V. Zhukov</b> Technology of foamed concrete on the basis of peat	72
<b>S. A. Matveev, E. A. Martynov</b> Methods of finite-element modeling of reinforced constructions	77
<b>S. Yu. Stolbova</b> Calculation of tolerances for laying out vertical marks of pickets of motor roads taking into account accuracy of technological processes of their building	83
<b>M. A. Fedorova, Z. N. Sokolovsky</b> Research of parameters of strength and stiffness of the bearing metal grid from steel 12x18H9T comprising a plate-mesh panel	88
<b>A. I. Shein, O. V. Snezhkina, R. A. Ladin, A. A. Kiselev</b> Experimental and theoretical study of the strained and deformed state of short reinforced concrete beams	93

### PART III

#### MATHEMATICAL MODELING. SYSTEMS OF AUTOMATION DESIGNING

<b>V. Y. Volkov, O. B. Ilyasova</b> Graphic simulation ruled manifolds of $P_n$ methods of enumerative geometry	100
<b>V. I. Sologaev, D. A. Chernov</b> On modeling turbulent flows by finite difference method in spreadsheets at solving building tasks	104

### PART IV

#### ECONOMICS AND MANAGEMENT

<b>E. A. Bayda, Y. A. Pavlova</b> Methodical recommendations on system's development of management accounting of expenses for design organizations' quality	109
<b>S. A. Borodulina</b> The problems of conducting entrepreneurial activity on transport using methods of process management	116

<b>A. Vilms</b>	
Changes in accounting and analytic systems of companies at entering into strategic alliance	122
<b>V. V. Karpov, I. V. Vdovin</b>	
Assessment of economic detriment of commercial customers taking into account the reliability of electricity supply	128
<b>O. U. Patlasov, A. M. Samarin</b>	
Neural network modeling of financial condition's assessment of commercial tenders and public procurements' participants	135
<b>L. V. Eichler, E. Yu. Rengold</b>	
Interaction between government and entrepreneurship in transport complex	144
<b>E. V. Tabachnikova</b>	
The question assessment methods of sustainable development of socio-economic system (for example the transport industry)	151

PART V  
GRADUATE EDUCATION

<b>I. V. Babicheva, T. E. Boldovskaya, N. S. Gorbonosova, L. A. Usolceva</b>	
Realization of a complex approach to development of the content of manual on mathematics for technical universities	159
<b>E. S. Tereshchenko, D. Y. Fadeev, D. V. Shabalin</b>	
Methodical aspects of applying diagnostic algorithms of fault lookup at teaching students of higher technical educational institutions	166

# РАЗДЕЛ I

## ТРАНСПОРТ.

### ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

---

УДК 656.13

#### ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИКИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК И ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ ДО 1991 ГОДА

Ю. А. Ешкова, Е. Е. Витвицкий

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** Статья посвящена обзору практики перевозок грузов в городах и подготовки водителей транспортных средств до 1991 года. Сложилась двухступенчатая система подготовки водителей, сначала будущие водители в учебных организациях, после успешного освоения программы, получали удостоверение на право управления транспортным средством, а затем проходили стажировку по основному месту работы, обучаясь перевозке конкретного груза на маршруте. Практика перевозок грузов в городах и подготовки водителей транспортных средств до 1991 года обладает существенными особенностями и отличиями от настоящего времени, это не позволяет решать вышеназванную проблему путем переноса имевшихся квалификационных норм и требований.

**Ключевые слова:** перевозка грузов в городах, система подготовки водителей грузовых автомобилей, должностные квалификационные характеристики.

#### Введение

Согласно Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г., прогнозируется рост объемов перевозок грузов автотранспортом, а значит, увеличится количество предприятий и спрос на квалифицированный водительский персонал будет так же расти, на сегодняшний момент, наблюдается дефицит профессиональных водителей, осуществляющих перевозку грузов [1, 2, 3 и др.]. Для решения этой проблемы глава ГИБДД РФ В. И. Нилов предлагает [2] максимально приблизить современные стандарты подготовки водителей к советским, так как в них содержалось большое количество необходимых норм и требований, которым водителям приходилось следовать. Вышеизложенное обусловило необходимость рассмотрения практики перевозок грузов автомобилями до 1991 года.

#### Особенности практики перевозок грузов и подготовки водителей транспортных средств

Автотранспортное предприятие (АТП) являлось первичным звеном автомобильного транспорта, созданным с целью выполнения перевозок. Главная задача АТП, состояла во всемерном удовлетворении потребностей

народного хозяйства и граждан в перевозках грузов с высоким качеством и минимальными затратами.

«Целью управлением автомобильным транспортом – организация и направление совместных усилий коллективов автотранспортных предприятий и организаций на достижение наиболее эффективных результатов труда, обеспечение выполнения заданных объемов перевозок в установленный срок по всей обслуживаемой клиентуре и утвержденной номенклатуре грузов» [4].

В зависимости от подчиненности АТП в СССР подразделялись на общего пользования и ведомственные. АТП общего пользования находились в ведении министерств автомобильного транспорта союзных республик [5]. Основной задачей АТП общего пользования являлось осуществление централизованных перевозок грузов в городах для промышленных предприятий, строек, снабженческих, торгующих и транспортно-экспедиционных организаций [6].

«Ведомственные АТП перевозили грузы предприятий или групп предприятий соответствующего министерства или ведомства. Они обслуживали транспортными

средствами конкретные промышленные, сельскохозяйственные или строительные предприятия (главным образом внутрипромышленные и технологические перевозки грузов) и кооперировали свою работу с АТП общего пользования [5].

Внутри АТП создавались автоколонны. Основной тип АТП – комплексное, осуществляющие перевозку грузов, хранение, техническое обслуживание и ремонт подвижного состава, снабжение необходимыми эксплуатационными материалами. Комплектование АТП транспортными средствами государством осуществлялось по назначению.

В ОНТП 01-86 «Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта», указано, что АТП менее 50 транспортных средств создавались в исключительных случаях, при крайней необходимости, следовательно, большинство предприятий было более 50 транспортных средств. В постановлении [7] сообщалось о ликвидации мелких нерентабельных предприятий с целью повышения производительности труда и снижения себестоимости перевозок.

При численности свыше 50 автотранспортных средств на АТП появляются структурные подразделения и должности, выполняющие следующие функции [8]: общее руководство; технико-экономическое планирование; организация труда и заработной платы; бухгалтерский учет и финансовая деятельность; материально-техническое снабжение; комплектование и подготовка кадров; общее делопроизводство и хозяйственное обслуживание; эксплуатационная служба (отдел эксплуатации, отдел безопасности движения); производственно-техническая служба (управление ремонтно-обслуживающими и вспомогательными процессами); контрольно-ревизорская служба. Это обуславливало четкое разделение функций и наличие компетентных специалистов для обеспечения организации и управления перевозками.

Основным методом работы АТП являлись централизованные перевозки грузов. Грузоотправители и грузополучатели были обязаны повсеместно содействовать развитию централизованных перевозок грузов [4]. Существовала система закрепления потребителей за поставщиками. Это позволяло формировать парки подвижного состава АТП с учетом

государственных интересов, при этом клиентура оставалась постоянной, многие АТП имели в своем составе военизированные колонны.

«...В процессе перевозки осуществлялась доставка грузов, которыми на транспорте называются все предметы с момента их перевозки до момента сдачи грузополучателю. Объектом труда на автомобильном транспорте служит груз, который различается по физическим свойствам, родом упаковки и т.п. Вид груза является одним из важных факторов, определяющих выбор типа подвижного состава и условия его эксплуатации, способ выполнения погрузо-разгрузочных работ и т.д. ...» [5].

Грузы перевозят водители, от уровня их квалификации, компетентности зависит система организации и управления перевозками. Как отмечает М.С. Ходош, особое внимание при централизованных перевозках стоит уделять инструктажу водителя, так как кроме своих непосредственных обязанностей, он выполняет обязанности экспедитора [5]. Исходя из вышеизложенного рассмотрим более подробно практику подготовки шоферов. В СССР подготовка шоферов сложилась в 2 – х ступенчатую систему:

- в учебной организации, для сдачи квалификационного экзамена на получения удостоверения на право управления транспортным средством разных категории;
- на АТП, для стажировки на маршрутах перевозок конкретных грузов в конкретных условиях эксплуатации.

На АТП существовала практика поощрения труда водителей грузовых автомобилей. Система стимулирования шоферов вводилась в целях усиления заинтересованности водителей грузовых автомобилей в повышении эффективности использования подвижного состава, росте производительности труда, сокращения эксплуатационных затрат, улучшения качества обслуживания грузоотправителей и грузополучателей, ликвидации приписок, экономии и сохранности горюче-смазочных материалов [9].

В соответствии с Приказом Министра от 18.05.83 N 43-ДСП [10], во всех АТП приступали к массовому практическому обучению по совершенствованию профессионального мастерства водителей автобусов, грузовых и легковых автомобилей, по программам и методикам,



разработанным НИИАТ. На каждом АТП создавалась подсистема обучения и стажировки вновь принятых на работу водителей, а так же проводился инструктаж водителей и проверка их знаний по правилам дорожного движения. Обучение водителей проводилось независимо от стажа их работы и квалификации на всех предприятиях. Обязательным условием допуска работника к самостоятельной деятельности на предприятии, являлось прохождение инструктажей, соответствующей стажировки и проверки знаний [11]. Учебные группы были скомплектованы с учетом типа транспортных средств предприятия, его назначения и характера осуществляемых перевозок.

Согласно пункту 3.5 [11] водители, как при приеме на работу, так и при переводе с одной марки транспортного средства на другую должны были пройти обязательную стажировку. Цель стажировки - повышение мастерства вождения, культуры и безопасности перевозок пассажиров и грузов. Стажирование водителей производилось под руководством опытных водителей-наставников и на тех марках транспортных средств, на которых приходилось работать в дальнейшем. По окончании стажировки заполнялся листок прохождения стажировки и выдавалось заключение о возможности допуска к самостоятельной работе. Согласно пункту 3.6 [11] на предприятии осуществлялась организация работы водителя-наставника (инструктор). Водитель-наставник (инструктор) назначался приказом руководителя предприятия в каждой автоколонне (отряде) из числа лучших водителей 1 - 2 класса, проработавших на предприятии не менее 5 лет, которые могли обеспечить обучение водителей безаварийному вождению транспортных средств, Правилам дорожного движения, а также способных вести учетно-отчетную документацию по своему участку работы. Такая система дополнительной подготовки существовала на АТП. Однако водители поступали на работу, пройдя основную подготовку.

Согласно [13] в СССР подготовка и переподготовка (повышение квалификации) водителей автотранспортных средств для отраслей народного хозяйства осуществлялась только в учебных заведениях в зависимости от того, собирается водитель заниматься профессиональной деятельностью или использовать автомобиль для личных нужд.

Пункт 5 данного положения [13] уточняет, что водители, впервые назначаемые для работы на автобусах и легковых таксомоторах, обязаны пройти в автомобильных хозяйствах стажировку в установленном порядке. Учебно-воспитательный процесс включал в себя теоретические и лабораторно-практические занятия, практическое обучение вождению автотранспортных средств и производственное обучение, и осуществлялся с отрывом и без отрыва от производства.

Рассмотрим учебный план подготовки водителей категории «В» и «С» [3]. В качестве предметов изучались: Устройство автомобиля; Основы эксплуатации и техническое обслуживание автомобиля; Правила дорожного движения; Основы безопасности движения; Слесарные работы; Основы экономики труда и производства; Основы советского права; Изучение документов и решений партии и правительства; Гражданская оборона; Консультации; Экзамены; Квалификационные экзамены в ГАИ, всего 790 часов. Подготовка шоферов осуществлялась в рамках предмета «Основы эксплуатации и техническое обслуживание автомобиля», на который выделялось 222 часа, что составляет 28 % от общего количества часов на подготовку водителей.

Согласно тематическим планам и программе по предмету «Основы эксплуатации и техническое обслуживание автомобиля» [14] изучались: **Подвижной состав автомобильного транспорта; Подготовка к работе на линии; Перевозка грузов и пассажиров;** Правила технического содержания подвижного состава; **Нормы расхода топлива и смазочных материалов; Диспетчерское руководство работой подвижного состава** на линии; Охрана труда и правила техники безопасности на автомобильном транспорте; Дефекты и взносы деталей; Основные сведения по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей; Диагностика технического состояния автомобилей; Техническое обслуживание двигателей систем охлаждения и смазки; Техническое обслуживание системы питания карбюраторного двигателя; Техническое обслуживание системы питания дизеля; Техническое обслуживание приборов электрооборудования; Техническое обслуживание трансмиссии и ходовой части автомобиля; Техническое обслуживание

рулевого управления; Техническое обслуживание тормозной системы; Техническое обслуживание подъемного механизма автомобиля-самосвала, кабины, кузова, грузовой платформы.

Жирным шрифтом выделены разделы, относящиеся к грузовым перевозкам, на которые отводилось 20 часов из 222, что составляет 9 %. Тогда получается, что из всей программы обучения на разделы по перевозке грузов в автошколе приходится 20 часов из 790, что составляет 2,53 %. За это время подготовить будущего шофера по правильному выполнению грузовых автомобильных перевозок весьма трудно. Вышеизложенное являлось одним из оснований организации подсистемы подготовки шоферов в АТП.

Учебные заведения (организации), которые осуществляли подготовку и переподготовку (повышение квалификации) водителей автотранспортных средств, закреплялись в установленном порядке за базовыми предприятиями (организациями), тем самым обеспечивая практикоориентированное обучение.

Согласно постановлению [15] были утверждены квалификационные характеристики профессий водителей автотранспорта и городского электротранспорта. Выделялось три класса водителей.

Водитель автомобиля 3-й класса [15], характеристика выполняемых работ: управление одиночными легковыми и грузовыми автомобилями всех типов и марок, отнесенными к одной из категорий транспортных средств "В" или "С"; для управления автомобилями, оборудованными специальными звуковыми и световыми сигналами, необходим непрерывный стаж работы в качестве водителя автомобиля не менее трех лет; управление подъемным механизмом самосвала, крановой установкой автокрана, насосной установкой автоцистерны, холодильной установкой рефрижератора и другим специальным оборудованием специализированных и специальных автомобилей с соблюдением правил техники безопасности; буксирование прицепов весом до 750 кг; заправка автомобилей топливом, смазочными материалами и охлаждающей жидкостью; оформление путевых документов; проверка технического состояния и прием автомобиля перед выездом на линию; сдача автомобиля и постановка его на отведенное место по

возвращении с работы в автохозяйство; подача автомобилей под погрузку грузов, а также под разгрузку грузов; контроль за правильностью погрузки, размещения и крепления груза в кузове автомобиля; устранение возникших во время работы на линии мелких эксплуатационных неисправностей подвижного состава, не требующих разборки механизмов. Из одиннадцати выше изложенных работ восемь (т.е. 72,7 %) относятся к перевозке грузов.

Должен знать: назначение, устройство, принцип действия, работу и обслуживание агрегатов, механизмов и приборов автомобилей, относящихся к одной из категорий "В" и "С"; правила дорожного движения; основы безопасности движения; правила технической эксплуатации автомобилей (относящиеся к водителям); правила перевозки скоропортящихся и опасных грузов; основные показатели работы автомобилей, пути и способы повышения производительности труда и снижения себестоимости перевозок; признаки, причины и опасные последствия неисправностей, возникающих в процессе эксплуатации автомобиля, способы их обнаружения и устранения; порядок проведения технического обслуживания автомобилей и прицепов; правила хранения автомобилей в гаражах и на открытых стоянках; правила эксплуатации аккумуляторных батарей и автомобильных шин; влияние погодных условий на безопасность вождения автомобиля; способы предотвращения дорожно-транспортных происшествий; приемы оказания первой медицинской помощи.

Из тринадцати выше изложенных требований три позиции относятся к перевозке грузов, что составляет 23,2 % от требований к знаниям.

Водитель автомобиля 2-го класса.

Характеристика работ: управление легковыми и грузовыми автомобилями всех типов и марок, отнесенными к категориям транспортных средств "В", "С" и "Е", или управление автобусами, отнесенным к категории транспортных средств "Д" или "Д" и "Е"; буксирование прицепов весом свыше 750 кг; устранение возникших во время работы на линии эксплуатационных неисправностей подвижного состава, требующих разборки механизмов; выполнение регулировочных работ в полевых условиях при отсутствии технической помощи; при обслуживании пассажиров без кондуктора: объявление с

использованием радиостановки остановочных пунктов, порядка оплаты и получения контрольных билетов; установка катушек с билетами, компостеров, ведение учета билетов, продажа абонементных книжек на остановочных пунктах.

Должен знать: назначение, устройство, принцип действия, работу и обслуживание агрегатов, механизмов и приборов автомобилей, отнесенных к категориям транспортных средств "В", "С" и "Е", а при работе на автобусах-"Д" или "Д" и "Е", их неисправности: признаки, причины, опасные последствия, способы определения и устранения; объемы, периодичность и основные правила выполнения работ по техническому обслуживанию; способы увеличения межремонтных пробегов автомобилей; особенности организации технического обслуживания и ремонта автомобилей в полевых условиях; особенности организации междугородных перевозок, режим работы водителей; основные понятия о билетной системе и тарифах на автомобильном транспорте; основы диспетчерского руководства перевозками; технические средства диспетчерской связи и контроля за движением автомобилей; основные понятия о хозрасчете на автотранспортном предприятии, показатели работы автомобилей, пути улучшения использования подвижного состава, методы работы передовых водителей; основные положения планирования и учета работы автомобилей; правила пользования средствами радиосвязи на автомобилях; элементы дороги, их влияние на безопасность движения; основные понятия из теории движения автомобиля; свойства, применение, правила транспортирования и хранения основных эксплуатационных материалов, нормы расхода и меры по их экономии; способы увеличения пробега автомобильных шин и срока службы аккумуляторных батарей; правила подачи автобусов под посадку и высадку пассажиров и контроля за соблюдением этих правил; порядок экстренной эвакуации пассажиров при дорожно – транспортных происшествиях; устройство касс, компостеров и радиостановки.

Из двадцати выше изложенных требований восемь позиций относятся к перевозке грузов, что составляет 40 % от требований к знаниям.

Характеристика работ водителя автомобиля 1-го класса [15]: управление легковыми и грузовыми автомобилями и автобусами всех типов и марок, отнесенными к категориям транспортных средств "В", "С", "Д" и "Е".

Должен знать: назначение, устройство и правила технического обслуживания автопоездов, устройство и правила технического обслуживания автомобилей последних выпусков; влияние отдельных эксплуатационных показателей работы автомобилей на себестоимость перевозок; способы обеспечения высокопроизводительного и экономичного пользования подвижного состава; основные технико - эксплуатационные качества подвижного состава и их влияние на безопасность движения; элементы теории автомобиля; основные положения службы безопасности движения автотранспортного предприятия [15].

Из шести выше изложенных требований две позиции относятся к перевозке грузов, что составляет 33 % от должных требований к знаниям.

Установленная разница между знаниями по перевозке грузов, полученными в автошколе и требованиям по должности, является еще одним основанием организации подсистемы подготовки шоферов в АТП.

В России после 1991, как отмечают многие отечественные ученые и практики (д.т.н., профессор Л. Б. Миротин; А. В. Вельможин, В. А. Гудков, к.т.н. доцент А. В. Колик, академик РАН В. И. Маевский; А. Г. Будрин; профессор А. С. Пелих и другие) [6,16] произошли радикальные социально-экономические преобразования. Указанные изменения не могли не отразиться на автомобильном транспорте, и, как показали практические исследования, именно они отрицательно воздействовали на практику, в том числе, на систему подготовки водителей по перевозке грузов.

### **Заключение**

Обзор состояния практики перевозок грузов автомобилями в городском сообщении до 1991 года показал, что, в рассмотренном периоде требования к подготовке водителей являются лишь частью от существовавшей подсистемы подготовки и аттестации шоферов, а также частью системы экономических взаимоотношений, существовавших до 1991 года.

Рассмотренная проблема перевозок грузов автомобильным транспортом и подготовки водителей, обладает признаками

системы, а тогда решение также должно носить научный, системный характер, что препятствует решению вышеназванной проблемы в настоящее время путем переноса имевшихся квалификационных норм и требований.

### Библиографический список

1. Чуков, В. И. Модернизация системы непрерывной профессиональной подготовки водителей, осуществляющих перевозку пассажиров и грузов / В. И. Чуков // Автотранспортное предприятие. – 2012. - №6. – С. 12-15.
2. Сергеев, А. В. Дорожная полиция хочет вернуться советские стандарты подготовки водителей [Электронный ресурс] / А. В. Сергеев // Автотранспортное предприятие. – 2012. - Режим доступа: [http://avtoday.ru/avtonews\\_russia/](http://avtoday.ru/avtonews_russia/).
3. Федоров, Д. С. Направление исследований профессионально важных качеств водителя как оператора в системе «Водитель - автомобиль - дорога - окружающая среда» / Д. С. Федорова, О. Ю. Смирнова // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. - 2012. - Т. 2. – С. 393 - 398.
4. Воркут, А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. - Киев: Вища школа. Головное издательство, 1986. - 447 с.
5. Ходош, М. С. Организация экономика и управление перевозками грузов автомобильным транспортом / М. С. Ходош, Б. А. Дасковский. - М.: Транспорт, 1989 - 287 с.: ил., табл.
6. Грузовые автомобильные перевозки / А. В. Вельможин [и др.]. - М.: Телеком, 2007 - 560 с.: ил.
7. О мерах по улучшению работы грузового автомобильного транспорта [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров РСФСР от 16.06.1958 // Библиотека нормативно-правовых актов СССР.
8. О типовых структурах и нормативах численности инженерно-технических работников и служащих автотранспортных предприятий [Электронный ресурс]: письмо Мин. Автомобильного транспорта РСФСР от 11.08. 1975 г. № 304 - ц // Библиотека нормативных правовых актов СССР.
9. О дополнительных мерах по укомплектованию шоферами предприятий автомобильного транспорта [Электронный ресурс]: постановление Советов Министров СССР от 13.06.1969 // Библиотека нормативных правовых актов СССР.
10. О введении специальных программ и методических рекомендаций НИИАТА по совершенствованию профессионального мастерства водителей автомобилей [Электронный ресурс]: распоряжение Мин. Автомобильного транспорта РСФСР 13.09.1983. № 82 - ц // Библиотека нормативно - правовых актов СССР.
11. Система организации и управления комплексом работ по обеспечению безопасности дорожного движения на транспорте нефтяной

промышленности [Электронный ресурс]: руководящий документ РД 39-22-637-81 Мин. Нефтяная промышленность от 08.12.1981 // Библиотека нормативно - правовых актов СССР.

12. О порядке допуска водителей к управлению транспортными средствами, приема экзаменов и выдачи гражданам водительских удостоверений [Электронный ресурс]: положение МВД СССР от 6 янв. 1987., № 6 // Библиотека нормативно - правовых актов СССР.

13. О порядке и сроках подготовки переподготовки (повышения квалификации) водителей автотранспортных средств [Электронный ресурс]: приказ Госпрофобра СССР, Минавтотранса РСФСР, ЦК ДОСААФ СССР от 24 мая 1985 г., N 96/48 / 304 // Библиотека нормативно - правовых актов СССР.

14. Шестопалов, К. С. Учебный план и программы подготовки водителей транспортных средств категории «В», «С», и «В - С» / К. С. Шестопалов. - М.: Издательство ДОСААФ СССР, 1984 – 94 с.

15. Об утверждении квалификационных характеристик профессий водителей автотранспорта и городского электротранспорта [Электронный ресурс]: постановление гос.комит. совет министров СССР от 17 августа 1976 г., № 235/18 // Библиотека нормативно - правовых актов СССР.

16. Организация коммерческой работы на автомобильном транспорте: учебник для специальностей «Организация перевозок и управление на автомобильном транспорте» и «Экономика автомобильного транспорта» / Л. Б. Миротин [и др.]. - М.: Брандес, 1997. - 311 с.: ил.

### THE PECULIARITIES OF THE TRUCKING'S PRACTICE AND TRAINING OF DRIVERS TILL 1991

J. A. Eshkova, E. E. Vitvitsky

**Abstract.** The article is devoted to review of the trucking's practice in cities and training of vehicle drivers till 1991. There was a double-stage system of drivers' training, first prospective drivers, in an educational institutions, obtained driving license after successful mastering of a program, then they passed internship at the main place of work, studying the shipment of a specific cargo on a route. The practice of cargo transportation in cities and training of vehicle drivers till 1991 has the essential peculiarities and differences from the present time; it doesn't allow solving problem by transferring available qualification standards and requirements.

**Keywords:** cargo transportation in cities, system of training of truck drivers, official qualification characteristics.

### References

1. Chukov V. I. Modernizaciya sistemy nepreryvnoj professionalnoj podgotovki voditelej, osushhestvlyayushhix perevozku passazhirov i грузов [Modernization of system of continuous vocational training of the drivers transporting passengers and

freights]. *Avtotransportnoe predpriyatie*, 2012, № 6, pp. 12-15.

2. Sergeev A. V. [The traffic police wants to return the Soviet standards of drivers's training]. *Avtoden*, 2012 (In Russ.) Available at: [http://avtoday.su/avtonews\\_russia/svobodnyi](http://avtoday.su/avtonews_russia/svobodnyi).

3. Fedorov D. S., Smirnova Yu. *Napravlenie issledovaniy professionalno vazhnykh kachestv voditelya kak operatora v sisteme «voditel - avtomobil - doroga - okruzhayushchaya sreda»* [The direction of researches of professionally important qualities of the driver as operator in "The Driver — the Car — the Road — Environment" system]. *Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse*, 2012, № 2, pp. 393-398.

4. Vorkut A. I. *Gruzovye avtomobilnye perevozki* [Freight automobile transportation]. Kiev, Vysshaya shkola, 1986, 447 p.

5. Xodosh M. S., Daskovskij B. A., *Organizatsiya ekonomika i upravlenie perevozkami gruzov avtomobilnym transportom* [Organization economy and management of transportation of goods of the motor transport]. Moscow, Transport, 1989, 287 p.

6. *Freight automobile transportation* A. V. Velmozhin. Moscow, Telecom, 2007, 560 p.

7. [On measures for improving work of the cargo motor transport: Resolution of the Council of ministers of RSFSR from 16.06.1958]. *Biblioteka normativno-pravovykh aktov SSSR*. Available at: <http://biblioteka.normativno-pravovykh-aktov.ssr>.

8. [On typical structures and standard numbers of engineers and employees of motor transport enterprises: letter of RSFSR Ministry of road transport and highways from 11.08.1975 No. 304]. *Biblioteka normativno-pravovykh aktov SSSR*. Available at: <http://biblioteka.normativno-pravovykh-aktov.ssr>.

9. [On additional measures for completion by drivers of motor transport enterprises: Resolution of the Council of ministers of the USSR from 13.06.1969]. *Biblioteka normativno-pravovykh aktov SSSR*. Available at: <http://biblioteka.normativno-pravovykh-aktov.ssr>.

10. [On introduction of special programs and methodical recommendations of Research and scientific institute of motor transport on improving professional skill of vehicle drivers: Decree of RSFSR Ministry of road transport and highways from 13.09.1983. № 82 - ц.]. *Biblioteka normativno-pravovykh aktov SSSR*, 1983, №82. Available at: <http://biblioteka.normativno-pravovykh-aktov.ssr>.

11. [System of the organization and management of a complex of works on safety of road traffic on transport of oil industry: regulation document RD of 39-22-637-81 Min. Oil industry of 08.12.1981]. *Biblioteka normativno-pravovykh aktov SSSR*. Available at: <http://biblioteka.normativno-pravovykh-aktov.ssr>.

12. [On procedure of admission of drivers to motor vehicle driving, taking examinations and issuance to citizens of driving licenses: statute of the Ministry of Internal Affairs of the USSR]. *Biblioteka normativno-pravovykh aktov SSSR*. 1987, № 6. Available at: <http://biblioteka.normativno-pravovykh-aktov.ssr>.

13. About an order and terms of preparation of retraining (professional development) of drivers of vehicles : the order Gosprofobra SSSR, Minavtotrans of RSFSR, the Central Committee of DOSAAF of the USSR of May 24, 1985, N 96/48/304]. *Biblioteka normativno-pravovykh aktov SSSR*. Available at: <http://biblioteka.normativno-pravovykh-aktov.ssr>.

14. Shestopalov K. S. *Uchebnyy plan i programmy podgotovki voditelej transportnykh sredstv kategorii «B», «C», i «B-C»* [The curriculum and programs of training of drivers of vehicles of category "B", "C", and "B-C"]. Moscow, Dosaaf SSSR, 1984, 94 p.

15. [On approval of qualification characteristics of drivers of motor transport and city electric transport: decree of the USSR state committee of council of ministers from August 17, 1976, No. 235/18]. *Biblioteka normativno-pravovykh aktov SSSR*. Available at: <http://biblioteka.normativno-pravovykh-aktov.ssr>.

16. *The organization of commercial work on the motor transport: The textbook for specialties "The Organization of Transportations and Management on the Motor Transport" and "Economy of the Motor Transport"*. Mirotin L. B. Moscow, 1997, 311 p.

Ешкова Юлия Андреевна (Россия, г. Омск) - аспирант кафедры «Организация перевозок и управления на транспорте» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: [julia\\_soul88@mail.ru](mailto:julia_soul88@mail.ru)).

Витвицкий Евгений Евгеньевич (Россия, г. Омск) - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Организация перевозок и управления на транспорте» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: [kaf\\_oput@sibadi.org](mailto:kaf_oput@sibadi.org)).

Eshkova J. A. (Russian Federation, Omsk) - graduate student "Organization and management of transport" The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: [julia\\_soul88@mail.ru](mailto:julia_soul88@mail.ru)).

Vitvitsky E. E. (Russian Federation, Omsk) – Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Professor, The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: [kaf\\_oput@sibadi.org](mailto:kaf_oput@sibadi.org)).

УДК 629.3.017

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРИЯ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ АВТОМОБИЛЯ, ОСНАЩЕННОГО ДИЗЕЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ К УСЛОВИЯМ НИЗКИХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

Л. Н. Киселева

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема разработки методики для проведения экспериментальных изысканий по приспособленности дизельного двигателя к эксплуатации в условиях низких отрицательных температур, при использовании камеры холода. Представлен перечень необходимого оборудования для реализации испытаний дизельного двигателя, который был отобран при проведении анализа существующих конструкций. В заключении сообщается об отличии предлагаемой методики проведения испытаний, от существующих.

**Ключевые слова:** дизельный двигатель, камера холода, низкие отрицательные температуры, автомобиль, комплексный критерий.

### Введение

Территория Российской Федерации расположена в умеренном и холодном климатических районах, что отрицательно влияет на ресурс двигателя автомобиля, так как современный парк автомобилей не приспособлен к эксплуатации в особых климатических условиях, а именно к длительному воздействию низких отрицательных температур. В том числе это относится и к автомобилям, оснащенных дизельным двигателем. Как известно, дизельный двигатель отличается

экономичностью, высокой мощностью и коэффициентом полезного действия, в отличие от бензинового. Однако, как показала практика, при температуре ниже – 20 градусов возникают проблемы при эксплуатации: низкая температура масла, поступление холодного воздуха и топлива, понижение общего теплового режима двигателя, увеличение сопротивления шин и трансмиссии, аэродинамического сопротивления приводят к возрастанию пусковых износ и отказов в процессе дальнейшей эксплуатации.

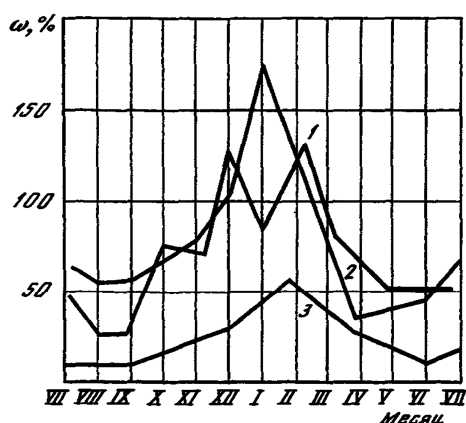


Рис 1. Распределение отказов при эксплуатации автомобиля по месяцам года.  
1-двигатель; 2-подвеска; 3-рулевой механизм

Сегодня, существует множество способов решения изложенной проблемы, также посвящены многие научные работы исследователей, однако, этого недостаточно для обеспечения безотказной работы автомобиля в суровых климатических условиях, кроме того в недостаточной мере

освящается вопрос, касающийся определения комплексного критерия оценки приспособленности автомобиля, оснащенного дизельным двигателем к эксплуатации в условиях низких отрицательных температур.

### Актуальность и содержание предлагаемой методики

Комплексный критерий позволит всецело оценить возможности автомобиля, а не отдельно взятых узлов и агрегатов. Комплексный критерий приспособленности автомобиля к эксплуатации в суровых климатических условиях включает в себя определение следующих основных показателей:

- пусковые качества двигателя;
- топливная экономичность;
- безопасность работы автомобиля;
- экологичность автомобиля;
- микроклимат кабины автомобиля;

Для экспериментальной оценки показателей комплексного критерия необходимо разработать методику проведения испытаний автомобиля, оснащенного дизельным двигателем в низкотемпературных условиях, которая позволит определить порядок, последовательность, время, затраты проводимых исследований.

Особую актуальность излагаемой тематики подтверждает утвержденная президентом Российской Федерации Владимиром Владимировичем Путиным

«Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» от 20 февраля 2013 года, в которой упомянуто о проблеме износа основных фондов, особенно, в транспортной сфере, а именно разработка и внедрение современных транспортных средств адаптированных к использованию в арктических условиях, также отмечен дефицит в области науки и технологии технических средств и технических возможностей по изучению, освоению и использованию арктических пространств и ресурсов, о необходимости разработки и внедрения транспортных средств, а также адаптации и использования в арктических условиях.

Таким образом, необходимость проведения экспериментальной оценки комплексному критерию приспособленности автомобиля к условиям низких отрицательных температур, является основополагающей задачей, так как далеко не всегда существующие методы могут гарантировать безотказную работу автомобиля в суровых климатических условиях.

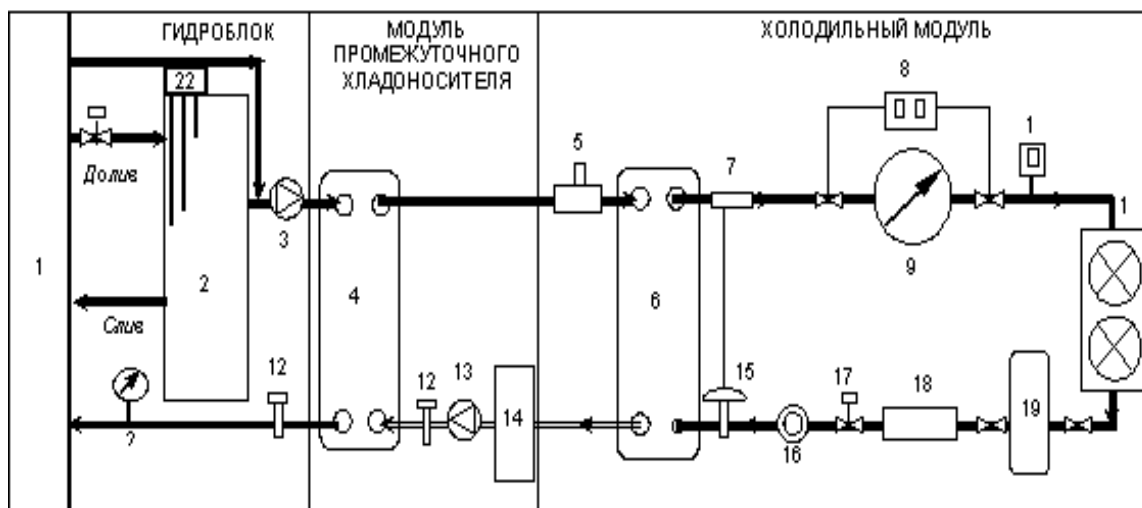


Рис. 2. Принципиальная схема камеры холода

- 1 - потребитель; 2 - емкость для жидкости; 3 - насос № 1; 4 - теплообменник; 5 - реле протока; 6 - испаритель/теплообменник; 7 - термобаллон; 8 - сдвоенное реле давления; 9 - компрессор; 10 - реле высокого давления; 11 - конденсатор; 12 - датчик температуры; 13 - насос № 2; 14 - емкость; 15 - ТРВ; 16 - смотровой глазок; 17 - соленоидный клапан; 18 - фильтр; 19 - ресивер; 20 - редукционный клапан; 21 - манометр; 22 - датчик САУ (система автоматического уровня)

Для проведения комплекса испытаний автомобиля по разрабатываемой методике потребуются испытательная лаборатория с камерой холода, оборудованная следующим специальным оборудованием:

- датчиками системы сбора данных:
  - датчик температуры нагнетаемого воздуха. Выдает поправочный коэффициент, который РСМ использует для корректного расчета массы воздуха во впускном коллекторе;

- датчик массового расхода воздуха (ДМРВ) - устройство, предназначенное для оценки количества воздуха, поступающего в двигатель автомобиля. Является одним из датчиков электронных систем управления двигателем автомобиля с впрыском топлива. Датчик массового расхода воздуха может применяться совместно с датчиками температуры воздуха и атмосферного давления, которые корректируют его показания;

- датчик давления топлива - предназначен для измерения текущего давления топлива. Он применяется для управления в системе впрыска Common Rail дизельных двигателей. Датчик устанавливается в топливной рампе;

- датчик детонации - устройство, предназначенное для определения момента возникновения детонации в двигателях внутреннего сгорания, является одним из датчиков электронных систем управления двигателем автомобиля с впрыском топлива;

- датчик температуры охлаждающей жидкости - предназначен для измерения температуры охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя. Датчик включен в систему управления двигателем.

• Платой сбора данных ADLINK Technology Inc.

Сегмент "Измерения и Автоматизация" является одним из ведущих направлений, и включает в себя разработку и производство высокопроизводительных плат аналогового и цифрового ввода / вывода, многофункциональных устройств сбора данных, промышленных шасси, коммуникационных плат, контроллеров движения и плат специального назначения в форматах PCI/PCI Express, CompactPCI, PXI.

• Вытяжная катушка для удаления отработавших газов с механическим приводом «SER».

Вытяжная катушка предназначена для удаления выхлопных газов от выхлопной трубы автомобиля на стационарных рабочих местах. Катушка эксплуатируется в составе системы вытяжной вентиляции или подключается непосредственно к вытяжному вентилятору. Состоит из барабана, на котором намотан вытяжной шланг с газоприемной насадкой, а так же монтажной

рамы, на которой крепится барабан с фиксатором и вытяжной вентилятор. Катушка крепится к стене, потолку или устанавливается на поворотной консоли.

• Радиатор системы охлаждения.

Радиатор предназначен для охлаждения нагретой охлаждающей жидкости потоком воздуха. Для увеличения теплоотдачи радиатор имеет специальное трубчатое устройство.

Кроме того одной из важнейших задач является выбор хладагента для холодильной установки. При выборе руководствуются его термодинамическими, теплофизическими, физико-химическими и физиологическими свойствами. Хладагенты не должны быть ядовиты, не должны вызывать удушья и раздражения слизистых оболочек глаз, носа и дыхательных путей человека. Для проведения низкотемпературных испытаний рекомендуется использовать в качестве хладагента Фреон R-404A или R507. Фреон R-404A представляет собой смесь хладонов на базе ГФУ, состоящую из ГФУ-143a/ГФУ-125/ГФУ-134a (52/44/4 массовых процента, разность температур фазового перехода при постоянном давлении, составляет приблизительно 0,6 К, R-125/R-32 – 50 % / 50 %). Фреон R507, представляющий собой азеотропную смесь гидрофторуглеродных (ГФУ) хладонов: R-125 и R-143a, разработан как долгосрочная замена для ГХФУ/ГФУ смеси - хладагента R-502. Хладагент R507 является запатентованным экологически более безопасным озоносберегающим хладагентом (ODP=0), исчерпывающей заменой для R-502. Хладон R507 близко соответствует свойствам R-502, что делает его превосходным выбором для применения в системах низко- и среднетемпературного охлаждения. Поэтому для камеры холода выбираем хладагент R 507, так как его использование приводит к снижению энергозатрат (при заправке хладагент R507 может быть как в жидкой, так и в газообразной форме, что позволяет без труда восстанавливать его нехватку после утечки и последующих ремонтных работ) и он прост в применении.



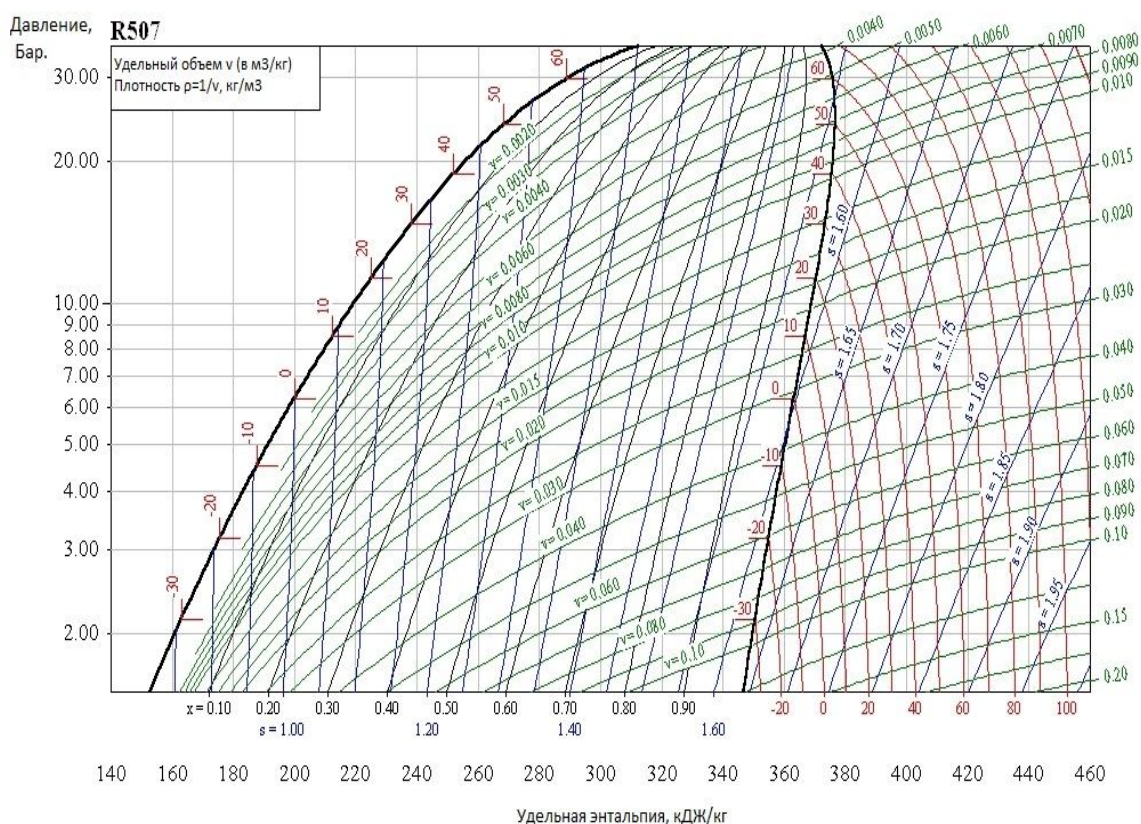


Рис. 3. Термодинамическое поведение смеси азеотропного состава. Фреон R507

При проведении климатических испытаний дизельный двигатель устанавливается непосредственно в климатической камере. Датчики подсоединяются через встроенные в камеру разъемы к внешним измерительным комплексам. Оператор закрывает климатическую камеру и инициирует программу вывода климатической камеры на предварительно заданный рабочий режим (процедура программирования рабочего режима климатической камеры зависит от конкретного исполнения камеры).

При проведении климатических испытаний дизельного двигателя в климатической камере следует обратить особое внимание на то, что система автоматики камеры при выходе на рабочий режим или при изменении режима работы ориентируется на показания температурных датчиков камеры, фиксирующих температуру воздуха в рабочем объеме

камеры. При этом возможна ситуация, когда температура объекта исследования (или его отдельных элементов) может быть несколько выше температуры воздуха в камере. Время установления теплового равновесия между объектом исследования и воздухом в камере зависит от теплоемкости объекта, условий теплообмена между объектом и воздухом и может изменяться для разных объектов испытаний. Следовательно, при проведении испытаний нельзя полагаться только лишь на систему автоматики климатической камеры, но и предусмотреть дополнительную систему измерения температуры объекта. Выводы о выходе системы на требуемый температурный уровень делают с учетом показаний датчиков температуры на объекте, что должно найти свое отражение при разработке методики проведения исследования для каждого конкретного объекта.

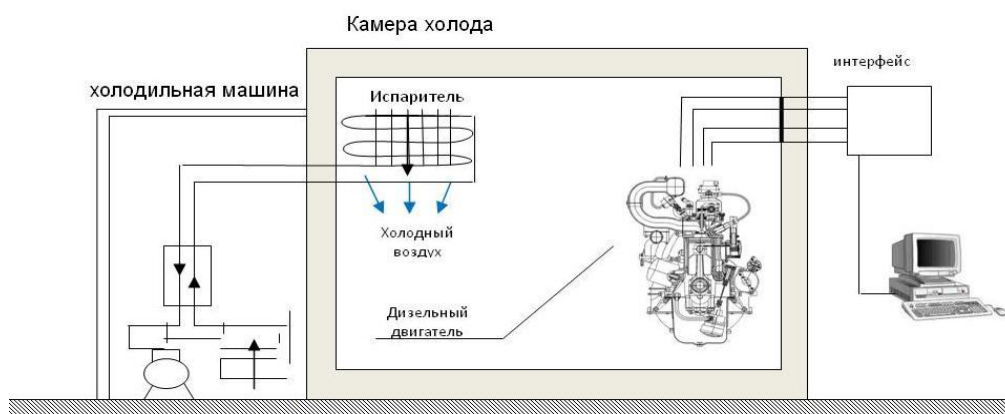


Рис. 4. Блок-схема камеры холода

После того, как оператор убедился, что исследуемый объект вышел на заданный температурный уровень и находится при данной температуре некоторый период времени (т.е. объект термостабилизирован), можно приступать к проведению испытаний.

Таким образом, камера холода должна соответствовать, следующим требованиям:

1) Система должна обеспечивать охлаждение объекта климатического испытания до заданной низкой температуры и его последующую термостабилизацию на этом температурном уровне столько, сколько потребуется в соответствии с процедурой данного испытания материала, узла.

2) Испытательный объект должен по возможности находиться при температуре, для которой разрабатывалась методика механического испытания объекта.

3) Холодильная система должна быть легко адаптируема для испытания объектов различных размеров, масс и геометрии.

4) Холодильная система должна быть по возможности индифферентна к вибрации объекта или его смещениям под воздействием ударных нагрузок.

5) Система автоматики должна позволять проводить контролируемое изменение температурных режимов объекта испытаний.

6) Холодильная система должна быть экономически максимально эффективной. Под этим подразумевается обоснованная стоимость и минимально возможное энергопотребление.

Для того чтобы, обеспечить наиболее полное удовлетворение представленных требований необходимо обеспечить предварительно выбранную методику холодильной системы. Определяющими критериями при подборе холодильной системы должна стать ее

холодопроизводительность  $Q_o$  Вт, и температура кипения хладагента в испарителе  $T_o$  °C.

Холодопроизводительность можно найти по следующей формуле:

$$Q_o = \frac{(M_{об} \cdot C_{p,об} + M_{арм} \cdot C_{p,арм}) \cdot (T_{oc} - T_3) + Q_{ТП} \cdot (T_{об})}{\Delta \tau_p} \quad (1)$$

где  $M_{об}$ ,  $M_{арм}$  – масса объекта испытания и вспомогательной арматуры, кг;  $C_{p,об}$ ,  $C_{p,арм}$  –

удельные теплоемкости объекта испытания и вспомогательной арматуры,  $\frac{ДЖ}{кг \cdot К}$ ;  $T_{oc}$ ,  $T_3$  –

температуры окружающей среды и заданная минимальная температура объекта, °C;

$Q_{ТП}(T_{об})$  – теплоприток из окружающей среды к объекту испытания, как функция температуры объекта;  $\Delta \tau_p$  – время выхода системы на заданный температурный уровень.

В стационарном режиме работы холодопроизводительность должна компенсировать теплоприток к объекту испытаний  $Q_{ТП}$  и всевозможные тепловые

эффекты  $\sum Q_s$ , вызванные тепловым и механическим воздействием на объект в ходе испытания:

$$Q_o = Q_{ТП}(T_{об}) + \sum Q_s \quad (2)$$

Выработанный холодильной машиной холод  $Q_o$  должен быть передан

промежуточному агенту, скажем, воздуху, который и будет непосредственно охлаждать объект испытаний. В системе промежуточным

агентом (воздухом) холод  $Q_o$  должен вырабатываться холодильной машиной на температурном уровне  $T_o$  (температура кипения хладагента в испарителе):

$$T_o = T_z - \Delta T_{\text{возд.исп.}} - \Delta T_{\text{возд.об}}, \quad (3)$$

где  $\Delta T_{\text{возд.исп}}$  и  $\Delta T_{\text{возд.об}}$  – температурные

потери на теплообмен между поверхностью испарителя холодильной машины и воздухом и воздухом – поверхностью объекта испытаний. Расход воздуха и подбор вентилятора осуществляется с учетом балансового соотношения:

$$m_{\text{возд}} \cdot C_{p,\text{возд}} [T_{oc} - (T_z - \Delta T_{\text{возд.об}})] = Q_o, \quad (4)$$

где  $m_{\text{возд}}$  – массовый расход воздуха, кг/с;

$C_{p,\text{возд}}$  – удельная теплоемкость воздуха,  $\frac{ДЖ}{кг \cdot К}$ .

Для минимизации тепловых потерь воздухопровод, по которому движется холодный воздух, должен быть тщательно теплоизолирован. В том случае, когда по какой-либо причине необходимо повысить температуру объекта испытаний, в воздуховоде предусмотрен нагреватель. Объект испытаний должен быть тщательно теплоизолирован. Хорошая теплоизоляция объекта способствует уменьшению холодопроизводительности  $Q_o$  холодильной машины, что делает систему более экономичной.

Также проводимые при использовании камеры холода испытания должны включать в себя:

- определение зависимости минимальных пусковых оборотов от температуры (без использования и с использованием средств облегчения пуска); Минимальная пусковая частота вращения коленчатого вала двигателя - это наименьшая для данной температуры окружающего воздуха частота вращения коленчатого вала двигателя, при которой обеспечивается пуск холодного двигателя за две попытки продолжительностью по 15 с дизельного двигателя с интервалом между попытками 1 мин. Минимальная пусковая частота вращения коленчатого вала двигателя в зависимости от температуры окружающего воздуха определяется для каждого конкретного двигателя на основе экспериментальных данных;

- определение моментов сопротивления прокручиванию коленчатого вала двигателя (без использования и с использованием средств облегчения пуска); Одной из основных причин, затрудняющих пуск двигателя при низких температурах, является повышение вязкости масла и увеличение момента сопротивления прокручиванию коленчатого вала. Поэтому при холодном пуске двигателя необходимо использовать масла с пологой вязкостно-температурной характеристикой. При проверке отсоединяют от секции топливного насоса топливопроводы высокого давления, устанавливают на проверяемую секцию приспособление, а на штуцеры остальных секций слегка наворачивают пробки-заглушки для предотвращения разбрызгивания топлива при прокручивании коленчатого вала двигателя. Для облегчения прокручивания снимают с двигателя форсунки. Давление, развиваемое плунжерной парой, проверяют при пусковых частотах вращения кулачкового вала топливного насоса. Для этого, включив подачу топлива и прокручивая коленчатый вал стартером или тяговым стендом, наблюдают за положением стрелки манометра. Если давление окажется ниже установленного значения, плунжерные пары заменяют;

- определение зависимости частоты проворачивания коленчатого вала двигателя от температуры (без использования и с использованием средств облегчения пуска);

- определение предельной температуры надежного пуска двигателя  $t_{min}$  (без использования и с использованием средств облегчения пуска), путем построения совмещенного графика зависимостей минимальных пусковых оборотов и частоты проворачивания коленчатого вала двигателя от температуры (предельная температура надежного пуска двигателя - это наиболее низкая температура окружающего воздуха, при которой осуществляется надежный пуск двигателя);

- проверка полученного значения предельной температуры надежного пуска двигателя путем контрольных пусков.

В процессе испытаний необходимо производить измерение следующих параметров:

- температура масла в картере двигателя;
- температура охлаждающей жидкости;
- температура воздуха во впускном трубопроводе;
- температура опор коленчатого вала;
- температура топлива в топливном фильтре и перед ТНВД;

- ток в цепи стартера;
- напряжение на клеммах АКБ.

Перед проведением испытаний и в процессе испытаний необходимо контролировать свойства моторного масла и топлива (для масла - кинематическая вязкость в заданном диапазоне температур, для топлива - температура застывания, температура фильтруемости, температура помутнения).

### Заключение

Таким образом, предлагаемая методика испытаний в отличие от существующих предусматривает определение эффективности мероприятий по облегчению пуска, как по отдельности, так и в комплексе, а так же определение оптимальных режимов работы средств облегчения пуска (по критериям минимального расхода энергии, минимального времени на предпусковую подготовку).

### Библиографический список

1. Вашуркин, И.О. Тепловая подготовка и пуск ДВС мобильных транспортных и строительных машин зимой / И. О. Вашуркин. - С-Петербург, Наука, 2002. -145 с.
2. Гаврилов, А. К. Быстрый пуск холодных двигателей / А. К. Гаврилов // Автомобильный транспорт. - 1986. - № 2. - С. 34 – 35.
3. Климатическая камера для испытания автомобилей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.volga-cold.com/index.php?id=90>
4. Киселева, Л. Н. Повышение эффективности работы высоковольтной аккумуляторной батареи автомобиля с гибридной силовой установкой в условиях низких отрицательных температур/ Л. Н. Киселева, А. А. Гольская, Ю. А. Леденев // Научные труды молодых ученых, аспирантов и студентов: материалы научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки / СибАДИ – Омск, 2013. – С. 137 – 139.
5. Компрессоры Danfoss [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.danfoss.com/Russia/Products/Categories/Group/RA/Compressors/Light-Commercial-Compressors / Light-Commercial-Compressors-R404AR507-220-240V50Hz/dd541fc4-03cd-4464-9355-94e024fcdd8b.html>
6. Козлов, В. Е. Особенности эксплуатации автотракторных двигателей зимой / В. Е. Козлов, С. М. Квайт, Ю. П. Чижов. - Л.: Колос, 1977. – 159 с.
7. Коробков, М. В.. Организация подготовки и обеспечение эксплуатации автомобилей в зимний период. М., 1988, (автомоб. трансп. Сер.4, Техн. эксплуатация и ремонт автомобилей: Обзор и информ./ М-во автомоб. трансп. РСФСР, ЦБНТИ; вып. 8).
8. Крамаренко, Г. В. Безгаражное хранение автомобилей при низких температурах / Г. В. Крамаренко, В. Д. Николаев, А. И. Шаталов. - М.: Транспорт, 1984. – 136 с.

9. Микулин, Ю. В. Пуск холодных двигателей при низкой температуре/ Ю. В. Микулин, В. В. Карницкий, Б. А. Энглин – М., Машиностроение, 1971. – 216 с.

10. Робустов, В. В. Системный анализ факторов влияния на успех пуска ДВС в условиях низких отрицательных температур / В. В. Робустов // Омский научный вестник. – 2006. - №3. - С. 100 - 104.

### EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF COMPLEX CRITERION' INDICATORS OF AUTOMOBILE'S SUITABILITY, EQUIPPED WITH A DIESEL ENGINE, TO CONDITIONS OF LOW NEGATIVE TEMPERATURES

L. N. Kiselyova

**Abstract.** The paper dwells on the problem of a technique development for carrying out experimental researches on suitability of a diesel engine to operation in the conditions of low negative temperatures using cold chamber. There is presented a list of the necessary equipment for testing the diesel engine which was selected during the analysis of existing constructions. In the conclusion it is reported about difference of the offered technique of testing, from the existing.

**Keywords:** Diesel engine, cold chamber, low negative temperatures, automobile, complex criterion.

### References

1. Vashurkin I. O. *Teplovaja podgotovka i pusk DVS mobil'nyh transportnyh i stroitel'nyh mashin zimoj* [Thermal preparation and starting internal combustion engines of mobile transport and construction vehicles in winter time]. S - Peterburg, Nauka, 2002. 145 p.
2. Gavrilov A. K. *Bystryj pusk holodnyh dvigatelej* [Fast starting of cold engines]. *Avtomobil'nyj transport*, 1986, no 2, pp. 34 – 35.
3. *Klimaticheskaja kamera dlja ispytaniya avtomobilej* [The climatic camera for testing cars] Available at: <http://www.volga-cold.com/index.php?id=90>
4. Kiseleva L. N., Gol'skaja A. A., Ledenev Ju. A. *Povyshenie jeffektivnosti raboty vysokovol'noj akkumuljatornoj batarei avtomobilja s gibridnoj silovoj ustanovkoj v uslovijah nizkih otricatel'nyh temperature* [Increase of efficiency of work of a high-voltage storage battery of the car with a hybrid power plant in the conditions of low negative temperatures]. *Nauchnye trudy molodyh uchenyh, aspirantov i studentov: materialy nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj Dnju rossijskoj nauki*, SibADI, Omsk, 2013, pp. 137 – 139.
5. *Kompressory Danfoss* [Danfoss compressors]. Available at: <http://www.danfoss.com/Russia/Products/Categories/Group/RA/Compressors/Light-Commercial-Compressors / Light-Commercial-Compressors-R404AR507-220-240V50Hz/dd541fc4-03cd-4464-9355-94e024fcdd8b.html>
6. Kozlov V. E., Kvajt S. M., P. Ju. Chizhov *Osobennosti jekspluatacii avtotraktornyh dvigatelej zimoj* [Peculiarities of operation of automotive engines in winter time]. L., Kolos, 1977, 159 p.

7. Korobkov M. V.. *Organizacija podgotovki i obespechenie jekspluatacii avtomobilej v zimnij period*. M., 1988, (avtomob. transp. Ser.4, Tehn. jekspluatacija i remont avtomobilej: Obzor i inform. / M-vo avtomob. transp. RSFSR, CBNTI; vyp. 8).

8. Kramarenko G. V., Nikolaev V. D., Shatalov A. I. *Bezgarazhnoe hranenie avtomobilej pri nizkih temperaturah* [Outside storage of cars at low temperatures]. Moscow, Transport, 1984, 136 p.

9. Mikulin Ju. V., Karnickij V. V., Jenglin B. A. *Pusk holodnyh dvigatelej pri nizkoj temperature* [Starting of cold engines at low temperature]. Moscow, Mashinostroenie, 1971, 216 p.

10. Robustov V. V. *Sistemnyj analiz faktorov vlijaniya na uspeh puska DVS v uslovijah nizkih otricatej'nyh temperatur* [The system analysis of influence's factors on success of starting internal

combustion engines in the conditions of low negative temperatures]. *Omskij nauchnyj vestnik*, 2006, no 3, pp. 100 -104.

*Киселева Лариса Николаевна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ) (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e - mail: azsibadi@mail.ru)*

*Kiselyova Larisa Nikolaevna (Russian Federation, Omsk) - Candidate of Technical Sciences, the associate professor "Operation and car repairs" The Siberian state automobile and road academy (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e – mail: azsibadi@mail.ru)*

УДК 656.135

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА ДОСТАВКИ ГРУЗА В ПРЯМЫХ ЦЕПЯХ ПОСТАВОК

С. М. Мочалин, Л. В. Тюкина

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** *Статья посвящена описанию математической модели процесса доставки грузов в прямой ЦП в условиях JIT и JIS, позволяющая получить сменно-суточный план доставки. В статье обоснована необходимость применения в практике планирования, организации и управления процессами доставки грузов логистических принципов JIT и JIS, создания алгоритма и программного продукта и создания инструментария позволяющего составить оперативный план.*

**Ключевые слова:** *Цепь поставок, концепция «точно в срок», концепция «точно в последовательности», доставка, математическая модель.*

#### Введение

Цель логистической деятельности можно считать достигнутой, если соблюдены 6 правил логистики, т.е. обеспечение наличия нужного продукта в требуемом количестве и заданного качества в нужном месте в установленное время для конкретного потребителя с наименьшими затратами. Эффективное планирование, качественное исполнение и оптимизация процессов транспортировки и отгрузки товаров способствуют достижению логистической цели и выполнению 6 правил логистики. Значительную роль, для своевременной доставки в цепи поставки (ЦП), играет синхронизация всех процессов доставки грузов [2,3,8]. Синхронизация может быть обеспечена выполнением работы согласно составленному расписанию. На сегодня известно множество концепций доставки груза: «точно в срок», «точно в последовательности», «от двери до двери» и др.

Концепция «точно в срок» (JIT) предполагает, сведение к минимуму простоев в ожидании материалов и обеспечение

полной согласованности процессов доставки грузов при их взаимодействии.

Концепция «точно в последовательности» (JIS) представляет, такую организацию логистических процессов, в результате которых заказанный груз доставляется не только точно вовремя, но и согласно заявленной последовательности, которая необходима [8].

Согласно концепциям JIT и JIS доставка каждой партии груза должна осуществляться в последовательности и во времени, указанных грузополучателем в заявке. Невыполнение/задержка доставки «могут иметь серьезные последствия и даже приводить к остановке производства в цепях поставок, где используется JIT и JIS» [9]. Решение такой задачи возможно только с использованием моделирования процесса доставки груза в пространстве и времени. Для этого необходима последовательная разработка математической модели, алгоритма, а затем программы для ЭВМ.

Необходимо составить такой план доставки грузов (эталон) с помощью которого будет осуществляться дальнейшее управление процессом доставки. Естественно, что во время процесса доставки на него будут воздействовать различные вероятностные факторы, нивелирование отклонений, от эталонных параметров которых призвана осуществлять система управления. Когда на руках будет расписание (эталон) это позволит принимать научно обоснованные управленческие решения.

**Описание и выбор подходов при построении модели.**

«Транспортные процессы в транспортной системе на самом верхнем (наиболее общем) уровне представляются процессами планирования, управления, доставки,

слежения (vehicle tracking) и трассирования (vehicle tracing) транспортных средств. Процесс доставки и процесс управления тесно связаны между собой и используют одни и те же компоненты. В то же время процесс управления доставкой грузов дополняет компоненты в управлении цепочкой поставок» [1].

В зависимости от классификационных признаков существуют различные транспортные системы доставки груза [5,6,10]. Существующие автотранспортные системы доставки грузов представлены на рисунке 1. Однако не зависимо от вида системы доставки все участники цепи поставки – грузоотправитель (ГО), грузополучатель (ГП), грузоперевозчик (ГПЕР) заинтересованы в выполнении доставки груза в соответствии с концепциями JIT и JIS.

Уровень	№ п/п	Наименование системы	Классификационные признаки		Транспортная схема перевозок грузов	Особенности	
			Общие	индивидуальные			
I	1	Микросистемы (микс)	TC=1, A <sub>3</sub> =1	N <sub>n</sub> =1, N <sub>p</sub> =1,		W <sub>a</sub> = Q <sub>c</sub>	
	2	Особо малые (омс)		N <sub>n</sub> >1, N <sub>p</sub> >1,		W <sub>a</sub> = Q <sub>c</sub>	
II	3	Малые (мс)	TC=1, N <sub>n</sub> ≥1, N <sub>p</sub> ≥1, A <sub>3</sub> ≥1	J <sub>d</sub> >R, t <sub>ож</sub> =0 (ненасыщенные)		W <sub>a</sub> <Q <sub>c</sub>	
	4			J <sub>d</sub> ≤R, t <sub>ож</sub> ≥0 (насыщенные и перенасыщенные)			
III	5	Средние (ссдг)	TC>1, A <sub>3</sub> ≥1, N <sub>ц.п.</sub> =1	J>R <sub>ц.п.</sub> , t <sub>ож</sub> =0 (ненасыщенные)	простые		W <sub>a</sub> ≤Q <sub>c</sub> 1 вид – вывоз груза; 2 вид – завоз груза; 3 вид – завоз-вывоз груза.
	6			J≤R <sub>ц.п.</sub> , t <sub>ож</sub> ≥0 (насыщенные и перенасыщенные)	комбинированные		
IV	7	Большие (бс)	Совокупность транспортных систем I, II, III уровня		Совокупность транспортных схем I, II, III уровня	Подвижной состав одного АТП или организации	

Рис. 1. Классификация автотранспортных систем доставки грузов [6]

Проведя исследование заявок на доставку грузов в работе [11], было выявлено, что основным требованием, предъявляемым со стороны потребителей перевозочных транспортных услуг [4] является выполнение времени и последовательности заказа: доставка груза «точно в срок», «в определенной последовательности». В условиях конкуренции грузоперевозчики должны своевременно реагировать на запросы клиентов перевозочных транспортных услуг, что в свою очередь приведет к строгому соблюдению согласованного графика поставок. Таким образом, процесс доставки груза с соблюдением предъявленных условий оказывается в центре внимания логистического управления. Для соблюдения предъявленных условий и выполнения заказа по доставке груза необходимо спланировать все операции процесса доставки груза в пространстве и во времени.

Осуществление доставки груза по принципу JIT и JIS возможно при составлении расписания работы ЦП, учитывающего все условия и ограничения. Существующие модели и алгоритмы для составления расписания процесса доставки грузов в прямой ЦП не в полном объеме удовлетворяют концепциям JIT и JIS [12]. На сегодняшний день не существует модели, алгоритма составления расписания процесса доставки грузов в прямой ЦП с учетом концепций JIT и JIS в городских условиях. Поэтому возникает необходимость создания модели и разработки соответствующего алгоритма.

#### Описание модели

Формулировка задачи построения модели производится следующим образом: имеется прямая ЦП с одним центром погрузки и одним центром разгрузки, в системе работает один автомобиль. Ежедневно в системе осуществляется доставка груза по концепции JIT и JIS. В результате чего время и последовательность доставки груза для каждой партии разные.

В работе поставлена следующая задача – разработать модель, которая позволит планировать процесс доставки груза автомобильным транспортом на основании концепций JIT, JIS в прямой ЦП грузов. При построении модели основополагающими факторами являются – время доставки точно в срок и соблюдение определенной последовательности. Основной целью реализации данной модели является

доставка грузов в прямой ЦП с соблюдением JIT и JIS. Таким образом, модель описывает функционирование ЦП.

Параметры модели детерминированные, характер протекания транспортного процесса – дискретный, как доказано профессором Николиным В. И. [7] а прямая ЦП – линейно упорядоченной структурой, схема работы автомобиля в ЦП – маятниковый маршрут с обратным не грузёным пробегом.

При построении математической модели приняты следующие обозначения:

#### 1. Исходные данные:

$P_n$  – партионность заявки,  $n$  – порядковый номер партии,  $n=1,2,3,\dots,N$ , где  $N$  – общее количество партий в рамках одной заявки;

$T_{н.р.}^{20}$  – время начала работы грузоотправителя (ГО), ч.;

$T_{ок.р.}^{20}$  – время окончания работы ГО, ч.;

$T_{н.р.}^{2п}$  – время начала работы грузополучателя (ГП), ч.;

$T_{ок.р.}^{2п}$  – время окончания работы ГП, ч.;

$T_{н.р.}^{a/m}$  – время начала работы автомобиля (a/m), ч.;

$T_{ок.р.}^{a/m}$  – время окончания работы a/m ч.;

$Q_{зак.}^{Пn}$  – заказанный объем для  $n$ -ой партии, т.;

$T_{mej} - j$ -ое время доставки «точно в срок» для  $n$ -ой партии,  $j=1,2,\dots,J$ , ч. (в зависимости от условий заявки время доставки «точно в срок» может быть временем начала и/или временем окончания доставки  $n$ -ой партии);

$T_{ок.д.}^{Пn}$  – время окончания доставки  $n$ -ой партии (время к которому согласно заявке ГП должна закончиться доставка  $n$ -ой партии), ч.;

$T_{н.д.}^{Пn}$  – время начало доставки  $n$ -ой партии (время с которого согласно заявке ГП должна начаться доставка  $n$ -ой партии), ч.;

$t_n$  – время погрузки, ч.;

$t_в$  – время разгрузки, ч.;

$l_m$  – длина маршрута, км.;

$l_x$  – пробег без груза, км.;

$l_{гг}$  – пробег с грузом, км.;

$l_{нf}$  – нулевой пробег,  $f$  – порядковый номер нулевого пробега,  $f=1,2,\dots,F$ , км.;

$q$  – грузоподъемность автомобиля, т.;

$A_3$  – количество автомобилей, ед.;

$V_m$  – средняя техническая скорость, км/ч.;

$P_p$  – количество постов погрузки,  $p$  – порядковый номер поста,  $p=1,2,\dots,P$ , ед.;

$P_r$  – количество постов разгрузки,  $r$  – порядковый номер поста,  $r=1,2,\dots,R$ , ед.;

$T_n$  – время в наряде, ч.

#### 2. Расчетная часть:

$R_{цп}$  – ритм работы погрузочно-разгрузочных пунктов:

$$R_{цп} = \frac{t_{n-в}}{P_{p-r}}, \quad (1)$$

$T_{цп}$  – время работы цепи поставки, ч.

$$T_{цп} = T_{ок.p}^{Пп} - T_{н.p}^{ГО} \quad (2)$$

$Z_{e\max}$  – максимальное количество машинозаявок, которое может быть обслужено в пункте с ритмом R:

$$Z_{e\max} = \left[ \frac{T_{цп}}{R_{цп}} \right], \quad (3)$$

$W_c$  – пропускная способность ЦП, т.

$$W_c = Z_{e\max} * q * \gamma \quad (4)$$

$Z^{Пn}$  – количество ездки в  $n$ -ой партии,  $y=1,2,3,\dots,Y$ .

$$Z^{Пn} = \left[ \frac{Q_{зак}^{Пn}}{q} \right] \quad (5)$$

$Z_e^M$  – максимально возможное количество ездки в ЦП:

$$Z_e^M = \left[ \frac{T_{цп}}{t_o} \right], \quad (6)$$

$W_{\phi}$  – фактическая пропускная способность ЦП, т.

$$W_{\phi} = Z_e^M * q * \gamma, \quad (7)$$

$Q_{зак}^{общ}$  – общий объем заказа всех партий:

$$Q_{зак}^{общ} = \sum Q_{зак}^{Пn}, \quad (8)$$

$t_{ze}$  – время ездки с грузом, ч.;

$$t_{ze} = \frac{l_{zp}}{V_T} \quad (9)$$

$t_e$  – время ездки, ч.;

$$t_e = \frac{l_e}{V_T} + t_{n-в} \quad (10)$$

$t_x$  – время пробега без груза, ч.;

$$t_x = \frac{l_x}{V_T} \quad (11)$$

$t_o$  – время оборота, ч.;

$$t_o = \frac{l_M}{V_T} + t_{n-в} \quad (12)$$

$t_{нул.}$  – время нулевого пробега, ч.:

$$t_{нул.} = \frac{l_{нул.}}{V_T} \quad (13)$$

$t_{н.нозр.1}^{Пn}$  – время начала 1-ой погрузки в  $n$ -ой партии:

$$t_{н.нозр.1}^{Пn} = T_{mv} - t_{e2} - t_n - (Z-1)*t_o, \quad (14)$$

$t_{н.нозр.i}^{Пn}$  – время начала  $i$ -ой погрузки в  $n$ -ой партии,  $i=2,3,\dots,l$ , где  $l$  – количество погрузок в  $n$ -ой партии, ч.:

$$t_{н.нозр.i}^{Пn} = t_{н.нозр.1}^{Пn} + (i-1)*t_o, \quad (15)$$

$t_{ок.нозр.i}^{Пn}$  – время окончания  $i$ -ой погрузки в  $n$ -ой партии, ч.;

$$t_{ок.нозр.i}^{Пn} = t_{н.нозр.i}^{Пn} + t_n, \quad (16)$$

$t_{н.p.k}^{Пn}$  – время начала  $k$ -ой разгрузки в  $n$ -ой партии,  $k=1,2,3, K$ , где  $K$  – количество разгрузок в  $n$ -ой партии, ч.;

$$t_{н.p.k}^{Пn} = t_{ок.нозр.i}^{Пn} + t_{ze} \quad (17)$$

$t_{ок.p.k}^{Пn}$  – время окончания  $k$ -ой погрузки в  $n$ -ой партии, ч.;

$$t_{ок.p.k}^{Пn} = t_{н.p.k}^{Пn} + t_e, \quad (18)$$

$t_{н.зе.b}^{Пn}$  – время начала  $b$ -ой груженой ездки в  $n$ -ой партии,  $b=1,2,3,\dots,B$ , где  $B$  – последняя груженная ездка в  $n$ -ой партии, ч.;

$$t_{н.зе.b}^{Пn} = t_{ок.нозр.i}^{Пn} \quad (19)$$

$t_{ок.зе.b}^{Пn}$  – время окончания  $b$ -ой груженой ездки в  $n$ -ой партии, ч.;

$$t_{ок.зе.b}^{Пn} = t_{н.зе.b}^{Пn} + t_{ze} \quad (20)$$

$t_{н.хе.d}^{Пn}$  – время начала  $d$ -ого холостого пробега в  $n$ -ой партии,  $d=1,2,3,\dots,D$ , где  $D$  – последняя холостой пробег в  $n$ -ой партии, ч.;

$$t_{н.хе.d}^{Пn} = t_{ок.p.k}^{Пn} \quad (21)$$

$t_{ок.хе.d}^{Пn}$  – время окончания  $d$ -ого холостого пробега в  $n$ -ой партии, ч.;



$$t_{ок.х.е.д}^{Пn} = t_{н.х.е.д}^{Пn} + t_x \quad (22)$$

$t_{вых.АТП}$  – время выхода автомобиля из автотранспортного предприятия (АТП), ч.;

$$t_{вых.АТП} = t_{н.нозр.1}^{П1} - t_{нул} \quad (23)$$

$t_{вх.АТП}$  – время возвращения автомобиля в АТП, ч.;

$$t_{вх.АТП} = t_{ок.х.е.1}^{П1} + t_{нул} \quad (24)$$

В модели приняты следующие ограничения и условия:

1. Ограничение по количеству автомобилей. В ЦП должен работать один автомобиль, согласно условию разрабатываемой модели:

$$A_3 = 1. \quad (25)$$

2. Ограничение по количеству постов погрузки:

$$P_p = 1. \quad (26)$$

3. Ограничение по количеству постов разгрузки:

$$P_r = 1. \quad (27)$$

4. Ограничение по пропускной способности системы. Пропускная способность ЦП ( $W_c$ ) должна быть больше либо равна фактической пропускной способности, а фактическая пропускная способность должна быть больше либо равна общему объему заказа:

$$W_c \geq W_c^ф \geq Q_{зак}^{общ} \quad (28)$$

5. Условие соблюдения совместимости режима работы а/м в наряде и времени работы ЦП. Время работы а/м в наряде должно быть меньше либо равно времени работы ЦП:

$$T_{н.р}^{a/m} \leq T_{цп} \quad (29)$$

6. Условие соблюдения совместимости времени работы ГО, ГП и времени работы а/м в наряде. Время работы а/м в наряде должно быть больше/равно времени начала работы ГО, ГП и меньше/равно времени окончания работы ГО, ГП:

$$T_{н.р}^{20} \leq T_n \leq T_{ок.р}^{20} \quad (30)$$

$$T_{н.р}^{21} \leq T_n \leq T_{ок.р}^{21} \quad (31)$$

7. Условие соблюдения совместимости времени начала первой погрузки в первой

партии и режимом работы а/м. Время начала первой погрузки первой партии должно быть меньше или равно времени окончания работы а/м и больше или равно времени начала работы а/м:

$$T_{н.р}^{a/m} \leq t_{н.нозр.1}^{П1} \leq T_{ок.р}^{a/m} \quad (32)$$

8. Условие соблюдения совместимости времени окончания последней разгрузки в последней партии и режимом работы ГП. Время окончания последней разгрузки последней партии должно быть меньше или равно времени окончания работы ГП и больше или равно времени начала работы ГП:

$$T_{н.р}^{2n} \leq t_{ок.р.К}^{ПN} \leq T_{ок.р}^{2n} \quad (33)$$

9. Условие соблюдения совместимости времени начала доставки  $n$ -ой партии и времени начала доставки последующей партии  $n+1$ . Время начала доставки  $n$ -ой партии должно быть меньше времени начала доставки партии  $n+1$ :

$$T_{н.д.}^{Пn} < T_{н.д.}^{Пn+1}; \quad (34)$$

$$T_{н.д.}^{Пn+1} \geq T_{н.д.}^{Пn} + t_o \quad (35)$$

10. Время начала  $i$ -ой погрузки должно быть меньше либо равно разности времени начала погрузки  $i+1$  и времени оборота:

$$t_{н.нозр.i}^{Пn} \leq t_{н.нозр.i+1}^{Пn} - t_o \quad (36)$$

Следует заметить, что ограничения по количеству автомобилей работающих в ЦП, по количеству постов погрузки, по количеству постов разгрузки, по пропускной способности системы должны выполняться еще на стадии формирования плана доставки, т.к. в случае не выполнения хотя бы одного из указанных ограничений выполнение плана в этой ЦП заведомо невозможно. Должна быть создана другая модель для расчетов с учетом закономерностей протекания транспортного процесса, процесса доставки свойственных данной схеме перевозок.

В качестве примера рассмотрим следующую задачу: заявка содержит следующие требования: на ГК «Стройбетон» необходимо доставить 10т. песка, весь объем груза должен быть доставлен 15.09.2014г. в 10.00 ч.

## ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Таблица 1 – Исходные данные примера

параметры	величина параметра
<b>Характеристика 1- го звена (ГО)</b>	
$P_p$	1
$T_{н.р.}^{20}, ч.$	$8^{00}$
$T_{ок.р.}^{20}, ч.$	$20^{00}$
<b>Характеристика 2- го звена (ГП)</b>	
$P_r$	1
$Пn,$	1
$T_{н.р.}^{2п}, ч.$	$9^{00}$
$T_{ок.р.}^{2п}, ч.$	$19^{00}$
$Q_{зак.}^{Пn}, т.$	10
$T_{ок.д.}^{Пn}, ч.$	$10^{00}$
$T_{н.д.}^{Пn}, ч.$	-
$T_{ме}, ч.$	$10^{00}$
<b>Характеристика 3- го звена (а/м)</b>	
$T_{н.р.}^{а/м}, ч.$	$8^{00}$
$T_{ок.р.}^{а/м}, ч.$	$20^{00}$
$\beta$	0,5
$t_n, ч.$	0,15
$t_e, ч.$	0,15
$l_M, км.$	50
$l_x, км.$	25
$l_{ee}, км.$	25
$l_{hf}, км.$	3
$q, т.$	10
$A_э,$	1
$V_m, км/ч.$	25
$T_n, ч.$	12

На основании исходных данных и в соответствии с расчетными формулами (1-24) производится расчет. Расчет и результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов параметров процесса доставки во времени для примера

№	Расчет параметров транспортного процесса	№	Расчет параметров транспортного процесса
1	По формуле (1) $R_{цп} = \frac{0,15}{1} = 0,15$	13	По формуле (13) $t_{нул.} = \frac{3}{25} = 0,12 ч.$ (8мин.)
2	По формуле (2) $T_{цп.} = 20 - 9 = 11 ч.$	14	По формуле (14) $t_{н.погр.}^{П1} = 10 - 0,15 - 1 = 8,85 ч.$ (8ч.51мин.)
3	По формуле (3) $Z_{e\max} = \left[ \frac{11}{0,15} \right] = 73 \text{ машинозаявок,}$	15	По формуле (16) $t_{ок.погр.}^{П1} = 8,85 + 0,15 = 9 ч.$ (9ч.00мин.)
4	По формуле (4) $W_c = 73 * 10 = 730 т.$	16	По формуле (17) $t_{н.р.}^{П1} = 9 + 1 = 10 ч.$ (10ч.00мин.)
5	По формуле (5) $Z^{п1} = \frac{10}{10} = 1 \text{ ездка}$	17	По формуле (18) $t_{ок.р.}^{П1} = 10 + 0,15 = 10,15 ч.$ (10ч.09мин.)

## ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Продолжение Таблицы 2

6	По формуле (6) $Z_e^M = \left[ \frac{11}{2,3} \right] = 4 \text{ ездки,}$	18	По формуле (19) $t_{н.зе.1}^{П1} = 9 \text{ ч. (9ч.00мин.)}$
7	По формуле (7) $W_{\xi}^{\phi} = 4 * 10 = 40 \text{ м.,}$	19	По формуле (20) $t_{ок.зе.1}^{П1} = 9 + 1 = 10 \text{ ч. (10ч.00мин.)}$
8	По формуле (8) $Q_{зак}^{общ} = 10 \text{ м.,}$	20	По формуле (21) $t_{н.хе.1}^{П1} = 10,15 \text{ ч. (10ч.09мин.)}$
9	По формуле (9) $t_{ze} = \frac{25}{25} = 1 \text{ ч. (1ч.00мин.)}$	21	По формуле (22) $t_{ок.хе.1}^{П1} = 10,15 + 1 = 11,15 \text{ ч. (11ч.09мин.)}$
10	По формуле (10) $t_e = \frac{50}{25} + 0,15 + 0,15 = 2,3 \text{ ч. (2ч.18мин.)}$	22	По формуле (23) $t_{вых.АТП} = 8,85 - 0,12 = 8,73 \text{ ч. (8ч.43мин.)}$
11	По формуле (11) $t_x = \frac{25}{25} = 1 \text{ ч. (1ч.00мин.)}$	23	По формуле (24) $t_{вх.АТП} = 11,15 + 0,12 = 11,27 \text{ ч. (11ч.17мин.)}$
12	По формуле (12) $t_o = \frac{50}{25} + 0,15 + 0,15 = 2,3 \text{ ч. (2ч.18мин.)}$		

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что параметры процесса доставки для данного примера соответствуют обозначенным условиям и

ограничениям и не нуждаются в дополнительной корректировке. Далее формируем графики работы всех звеньев процесса доставки (рисунок 2,3,4).

№ ездки	Выход а/м из АТП	Погрузка		Езда с грузом		Разгрузка		Пробег без груза		Возвращение а/м в АТП
		начало	окончание	начало	окончание	начало	окончание	начало	окончание	
1	8 <sup>43</sup> (стр. 22 табл. 2)	8 <sup>51</sup> (стр. 14 табл. 2)	9 <sup>00</sup> (стр. 15 табл. 2)	9 <sup>00</sup> (стр. 18 табл. 2)	10 <sup>00</sup> (стр. 19 табл. 2)	10 <sup>00</sup> (стр. 16 табл. 2)	10 <sup>09</sup> (стр. 17 табл. 2)	10 <sup>09</sup> (стр. 20 табл. 2)	11 <sup>09</sup> (стр. 21 табл. 2)	11 <sup>17</sup> (стр. 23 табл. 2)

Рис. 2. График работы автомобиля по заявке №1

№ ездки	Погрузка	
	начало	окончание
1	8 <sup>51</sup> (стр. 14 табл. 2)	9 <sup>00</sup> (стр. 15 табл. 2)

Рис. 3. График работы грузоотправителя заявке по №1

№ ездки	Разгрузка	
	начало	окончание
1	10 <sup>00</sup> (стр. 16 табл. 2)	10 <sup>09</sup> (стр. 17 табл. 2)

Рис. 4. График работы грузоотправителя по заявке №1

На основании полученных графиков работы осуществляется процесс доставки груза. На рисунке 2 изображена совместимость графиков работы участников

ЦП рассмотренного примера. Распределение транспортных операций данного примера представлено на рисунке 3.

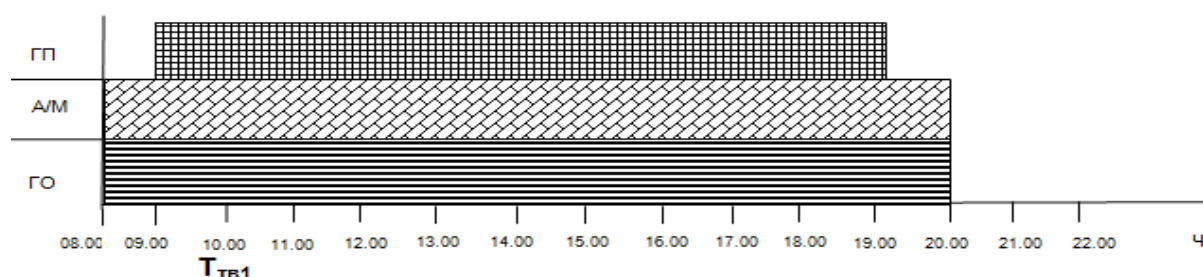





Рис. 5. Совместимость режима работы звеньев ЦП в условиях доставки груза по концепции JIT и JIS

 режим работы грузополучателя; 
  - режим работы автомобиля; 
  - режим работы грузоотправителя

### Заключение

Подводя итоги выполненной работы, можно сделать следующие выводы:

1) Обоснована необходимость применения в практике планирования, организации и управления процессами доставки грузов логистических принципов JIT и JIS.

2) Впервые разработана математическая модель описания процесса доставки грузов в прямой ЦП в условиях JIT и JIS, позволяющая получить сменно-суточный план доставки.

3) Выявлена необходимость создания алгоритма и программного продукта и создания инструментария позволяющего составить оперативный план.

### Библиографический список

1. Горев, А. Э. Основы теории транспортных систем / А. Э. Горев. - СПб., СПбГАСУ, 2010. - 214 с.
2. Иванов, Д. А. Управление цепями поставок / Д. А. Иванов. - СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2009. - 660 с.
3. Миротин, Л. Б. Эффективность логистического управления / Л. Б. Миротин. - М.: Экзамен, 2004. - 448с.
4. Миротин, Л. Б. Транспортная логистика / Л. Б. Миротин. - М.: Экзамен, 2002. - 512с.
5. Мочалин, С. М. Особенности применения логистических принципов в организации доставки грузов автомобильным транспортом / С. М. Мочалин, Л. В. Тюкина // Вестник СибАДИ. - 2014. - №1. - С. 20 - 24.
6. Мочалин, С. М. Математическая модель описания транспортного процесса в средних системах доставки грузов // Вестник ОГУ. - 2004. - №2. - С. 185 - 189.
7. Николин, В. И. Грузовые автомобильные перевозки: монография / В. И. Николин, Е. Е. Витвицкий, С. М. Мочалин. - Омск: Вариант-Сибирь, 2004. - 480 с.
8. Пузанова, И. А. Интегрированное планирование цепей поставок: учебник для бакалавриата и магистратуры / И. А. Пузанова; под ред. Б. А. Аникина. - М.: Юрайт, 2014. - 320 с.

9. Пустохина И. Управление цепями поставок: проблемы, их причины и пути решения / И. Пустохина // Логистика. - 2013. - №10. - С. 35-37.

10. Сергеев, В. И. Управление цепями поставок: учебник для бакалавров и магистров / В. И. Сергеев. - М.: Юрайт, 2014. - 479 с.

11. Тюкина, Л. В. Анализ параметров заявки на доставку грузов автомобильным транспортом / Л. В. Тюкина // Сборник научных трудов молодых ученых по материалам Международной научно-практической конференции Инновационное лидерство строительной и транспортной отрасли глазами молодых ученых / Омск - 2014. - С. 352-357.

12. Логистика автомобильного транспорта / В. С. Лукинский, В. И. Бережной, Е. В. Бережная и др. М.: Финансы и статистика, 2004. - 368 с.

### A MATHEMATICAL MODEL DESCRIBING THE PROCESS OF DELIVERING CARFO IN DIRECT SUPPLY CHAINS

S. M. Mochalin, L.V. Tyukina

**Abstract.** The article is devoted to the description of the mathematical model of delivering cargo in direct supply chain in terms of JIT and JIS, allowing to receive shift-day plan of delivery. In the article the necessity of application in practice of planning, organization and management of cargo's delivery processes of logistic principles JIT and JIS, creating algorithm, software product and tools allowing to draw up an operational plan.

**Keywords:** supply chain, the concept "just in time", the concept of "in the exact sequence", delivery, mathematical model.

### References

1. Gorev A. E. *Osnovy teorii transportnyx sistem* [Fundamentals of the theory of transport systems]. SPb, SPbGACY, 2010, 214 p.
2. Ivanov D. A. *Upravlenie cepyami postavok* [Supply chain management]. Spb., 2009, 660 p.
3. Mirodin L. B. *Effektivnost logisticheskogo upravleniya* [Efficiency of logistics management]. Moscow, 2004, 448.
4. Mirodin L. B. *Transportnaya logistika* [Transport logistics]. Moscow, 2002, 512 p.
5. Mochalin S. M., Tyukina L. V. *Osobennosti primeneniya logisticheskix principov v organizacii*

dostavki грузов avtomobilnym transportom [The peculiarities of application of logistics principles in the organization of delivering cargos by motor transport]. *Vestnik SibAD*, 2014, №1, 20-24 pp.

6. Mochalin S. M. Matematicheskaya model opisaniya transportnogo processa v srednix sistemax dostavki грузов [Mathematical model describing the transport process in medium systems of delivering cargos]. *Vestnik OGU*, 2004, №2, 185 – 189 pp.

7. Nikolin V. I., Vitvickij E. E., Mochalin S. M. *Gruzovye avtomobilnye perevozki* [The trucking]. Omsk, izd-vo Variant-Sibir, 480 p.

8. Puzanova I. A. *Integrirovannoe planirovanie sepej postavok: uchebnik dlya bakalavriata i magistratury* [Integrated planning of supply chains: a textbook for undergraduate and postgraduate programmes] Moscow, izdatelstvo Yurajt, 2014, 320 p.

9. Pustoxina I. *Upravlenie sepyami postavok: problemy, ix prichiny i puti resheniya* [Supply chain management: problems, their causes and solutions]. *Logistika*, 2013, №10, 35-37pp.

10. Sergeev V. I. *Upravlenie sepyami postavok: uchebnik dlya bakalavrov i magistrov* [Supply chain management: a textbook for undergraduate and postgraduate programmes]. Moscow, 2014, 479 p.

11. Tyukina L. V. [Analysis of parameters of request for delivering cargos by motor transport]. *Sbornik nauchnyx trudov molodyx uchenyx po materialam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii innovacionnoe liderstvo stroitelnoj i*

*transportnoj otrasli glazami molodyx uchenyx*. Omsk, 2014, 352-357 pp.

12. *Logistics car transport*. Lukinskij V. S., Berezhnoj V. I., Berezhnaya E. V. Moscow, Finance and statistics, 2004, 368 p.

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

*Тюкина Людмила Владимировна (Россия, г. Омск) - аспирантка Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e - mail: lyudmila.omsk@mail.ru)*

*Mochalin S. M. (Russian Federation, Omsk) - Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Professor, The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e – mail: mochalin\_sm@mail.ru)*

*Tyukina L. V. (Russian Federation, Omsk) postgraduate student The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e - mail: lyudmila.omsk@mail.ru)*

УДК 621.822.1: 629.33/37

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕДИ

И. О. Олейник, В. В. Евстифеев, Г. А. Голощапов, В. И. Гудрин

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** Рассмотрено формирование составов сложных композиционных сплавов на основе меди для изготовления подшипников скольжения. Проведён ряд экспериментов, направленный на выявление предпочтительного состава шихты, которые показали, что основное влияние на износостойкость оказывает процентное содержание стекла. Композиционный материал может использоваться в парах трения со смазкой и в некоторых случаях без смазки.

**Ключевые слова:** композиционный материал, шихта, медный порошок, антифрикционные материалы, трибология.

#### Введение

Качество и эффективность работы машин и агрегатов, уменьшение затрат на их ремонт и обслуживание связано с увеличением сроков службы и надежности входящих в них деталей, а также подшипников [2,3,5]. Их работа часто осуществляется в тяжелых условиях без смазки [1,6] и при смазке агрессивной средой, что способствует коррозионно-механическому изнашиванию. Во многих случаях подшипники целесообразно изготавливать из спеченных

антифрикционных материалов, что позволяет управлять свойствами, вводя определенное количество компонентов и тем самым влияя на их антифрикционные свойства. Технологии порошковой металлургии обладают рядом преимуществ [7, 8]: экономия цветных металлов; снижение стоимости изготовления и уменьшение потерь металла в стружку; повышение производительности труда; высвобождение станочного парка, квалифицированных рабочих и производственных площадей.

**Результаты испытаний**

Подшипники скольжения, распорные втулки, торцевые уплотнения, шайбы, подпятники часто изготавливаются из порошковых материалов. Например, используются композиции на основе меди (ПА-БрО, ПА-БрОГр, ПА-БрОХ и т. д.), на основе железа (Ж-Гр1, Ж-Гр3, Ж-Гр7 и т. д.). В состав железографитовых материалов добавляют серу (0,8 – 1,0) % или сульфиды (3,5 – 4,0) %. Это приводит к образованию на трущихся поверхностях сульфидной пленки, улучшающей прирабатываемость деталей пары трения, снижающей износ и схватывание поверхностей.

Технология изготовления подшипников скольжения включает операции: приготовления шихты из композиций порошков, прессования, спекания, пропитки маслом, калибрования. В качестве присадок, играющих роль твердой смазки иногда применяют графит, сульфиды, фториды, фторопласты, оксиды. В этом случае работа подшипников протекает без жидкой смазки при взаимодействии сухих поверхностей. В реальных условиях поверхность трения адсорбирует газы, пары, влагу окружающей среды, а также зачастую бывает покрыта

окисным слоем. Даже незначительное присутствие этих веществ, удаление которых полностью произвести чрезвычайно трудно, совершенно изменяет картину трения.

Проведён комплекс испытаний шести композиционных порошковых материалов (по два кольцевых и цилиндрических образца) на основе меди (при практически постоянном количестве графита и дисульфида молибдена) с изменением количества стекла (таблица 1). В композиции вводилось небольшое количество раскислителя для очищения поверхности медного порошка с целью улучшения механических свойств материала за счёт повышения работы адгезии (прочности связи на границе порошка меди). Дисульфид молибдена вводился для увеличения твердости и износостойкости материала. Значения коэффициента трения существенно снижаются при введении в состав композиции небольшого количества твёрдой смазки, например, графита. Количественное содержание стекла в композициях варьировалось от 0,7 до 3 %. Микроструктуры материалов приведены на рисунке 1 (количество стекла примерно 1,5 %) и рисунке 2 (количество стекла примерно 3 %).

Таблица 1 – Износ пар трения в зависимости от составов порошковых композиций

№	Состав, %	Износ И, мкм		Суммарный средний износ И <sub>с</sub> , мкм	Твердость НВ, МПа
		сталь	композит		
1	(MoS <sub>2</sub> ), графит (С), стекло (SiO <sub>2</sub> ) – (1,4 – 1,6), медь (Cu) – остальное	12,25 14,66	11,5 13,93	26,265	840
2	(MoS <sub>2</sub> ), графит (С), стекло (SiO <sub>2</sub> ) – (2,9 – 3,1), медь (Cu) – остальное	1,63 2,45	20,18 21	22,795	775
3	(MoS <sub>2</sub> ), графит (С), стекло (SiO <sub>2</sub> ) – (0,7 – 0,9), медь (Cu) – остальное	3,6 4,7	23,9 25	28,8	668
4	(MoS <sub>2</sub> ), графит (С), стекло (SiO <sub>2</sub> ) – (1,1 – 1,3), медь (Cu) – остальное	7,92 9,38	16,5 17,43	25,275	730
5	(MoS <sub>2</sub> ), графит (С), стекло (SiO <sub>2</sub> ) – (1,7 – 1,9), медь (Cu) – остальное	12,05 15,75	13,06 15,5	32,06	615
6	Графит (С), стекло (SiO <sub>2</sub> ) – (1,9 – 2,1), медь (Cu) – остальное	2,3	17	19,3	621

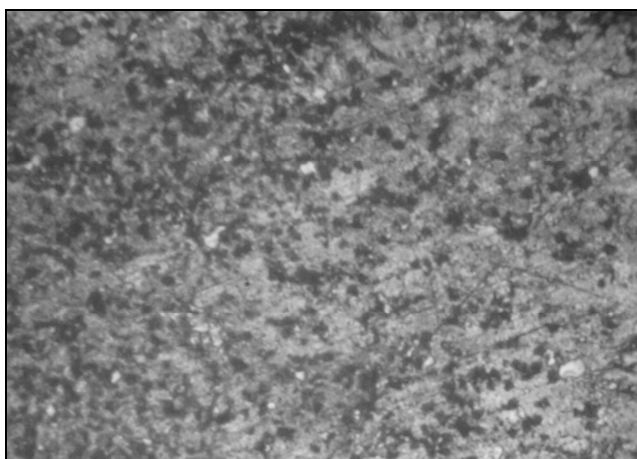


Рис. 1. Микроструктура композиционного материала состава №1 (таблица 1)

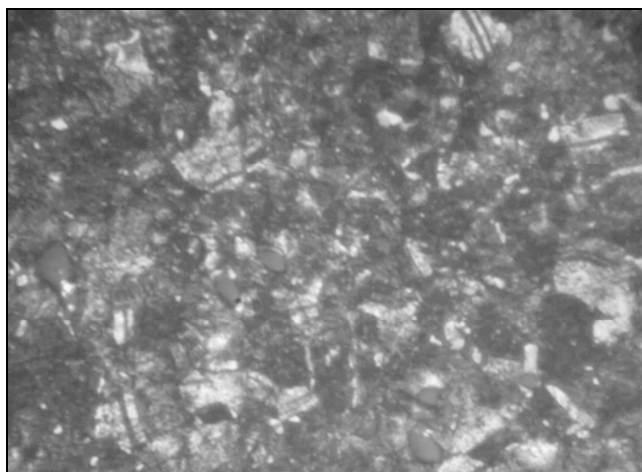


Рис. 2. Микроструктура композиционного материала состава №2 (таблица 1)

Приготовление шихты из предложенных составов начинали путем завешивания порошков общим весом 200 г., смешивания в течение 10 – 12 часов и дальнейшего спрессовывания при давлении 0,5 – 1 т/см<sup>2</sup>. Спекание проводили в вакуумной печи при 1050 °С. Время спекания 1ч. На образцах была измерена твердость с помощью микротвердомера ПМТ-3.

Испытания на износостойкость проводили на трёхшариковой машине трения. Элементами пары трения являлись плоское кольцо из порошкового материала и три шара из стали ШХ-15. Перед испытаниями производили приработку шаров с целью получения исходного пятна износа примерно диаметром до 0,5 мм.

Приработка шаров производилась на сменных стальных кольцах при частоте вращения оправки 500 мин<sup>-1</sup> и нагрузке 100 Н. Испытания колец из композиционных материалов проводились при граничном

трении в присутствии смазки Литол-24. Нагрузка на шары составляла 120 Н, частота вращения оправки – 500 мин<sup>-1</sup>, время испытания 15 минут. После отключения привода узел трения расстыковывался и проводилось измерение диаметра пятна износа (рисунок 3б) на шарах с помощью горизонтального компаратора ИЗА-2 (без разборки оправки).

При контактом взаимодействии пары трения, на кольце образуется кольцевая дорожка от скольжения шаров (рисунок 3а). В этом случае износ И (мкм.) кольцевой дорожки определяется глубиной канавки, которая изменяется в зависимости от состава композита. Измерение глубины дорожки скольжения шаров на кольцах производили с помощью микрометра (головка измерительная пружинная, ТИП ИГП) [4].

Результаты сравнительных испытаний образцов композиционных материалов на износостойкость приведены на рисунок 4.

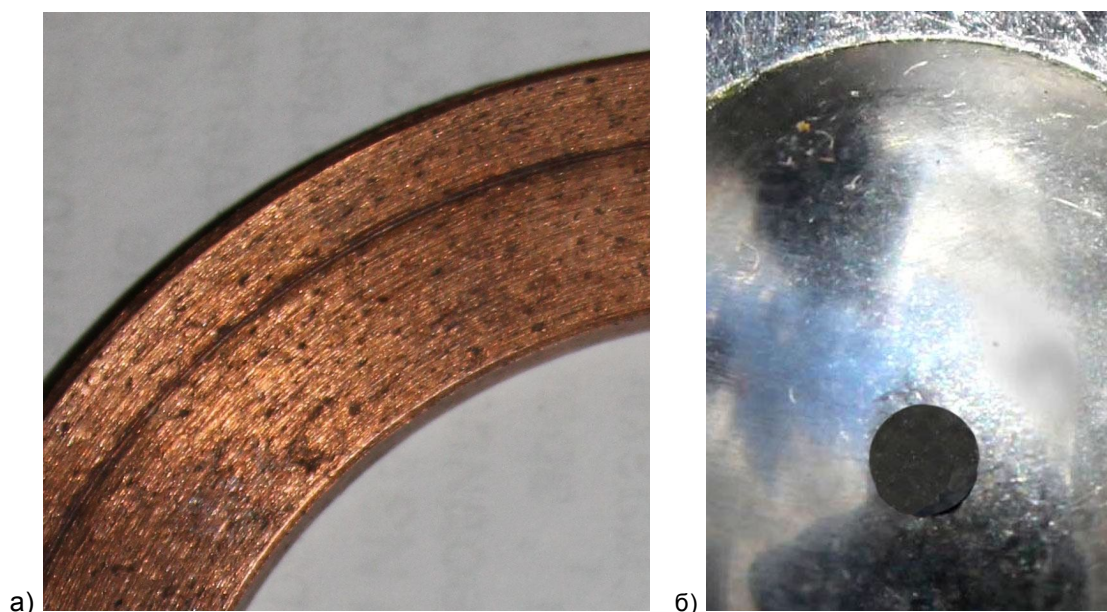


Рис.3. Элементы испытываемых пар трения: а - кольцевая дорожка (след скольжения стальных шаров); б - пятно износа на шаре

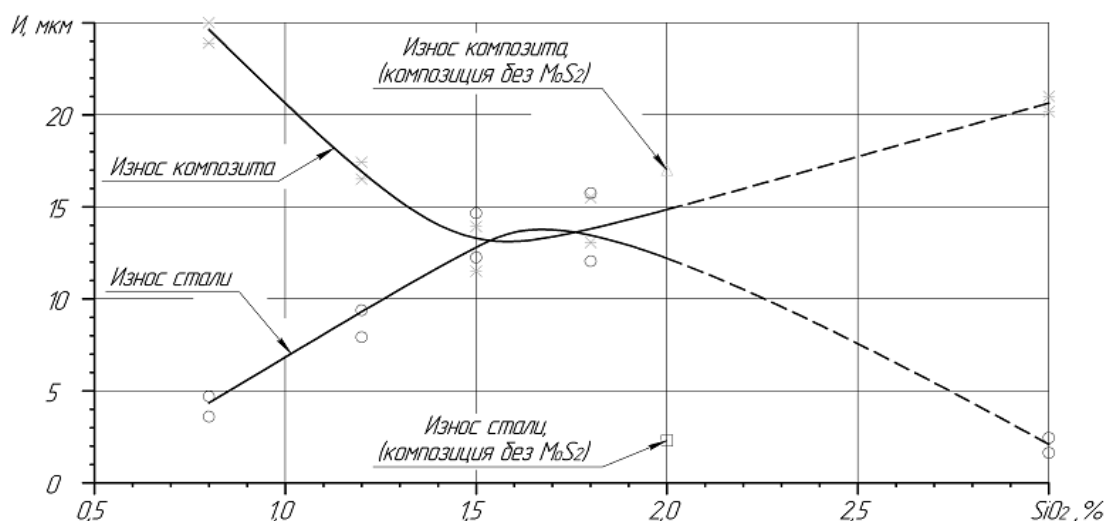


Рис. 4. Результаты испытаний на износостойкость колец из порошков и стальных шариков

### Заключение

Исследования показали, что варьированием составов композиционных материалов можно управлять износом элементов пар трения исходя из функционального назначения каждой из них, и простоты замены одной из них при естественном, при длительной эксплуатации, нарушении посадки.

### Библиографический список

1. Воронков, Б. Д. Подшипники сухого трения. - 2-е изд., перераб. и доп. / Б. Д. Воронков. - Л.: Машиностроение 1979. - 224 с.
2. Арзамасов, Б. Н. Материаловедение: учебник для вузов. - 5-е изд., стер. / Под общ. ред.

Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - 648 с.: с ил.

3. Мошков, А. Д. Пористые антифрикционные материалы / А. Д. Мошков. - М.: Машиностроение, 1968. - 208 с.

4. Мельник, С. В. Повышение ресурса опорных катков гусеничных машин путем совершенствования технического обслуживания / С. В. Мельник, Г. А. Голощапов, В. В. Евстифеев // Вестник СибАДИ. - 2014. - №2 (36). - С. 33-37.

5. Лахтин, Ю. М. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений. - 5-е изд., стер. / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. - М.: "Издательский дом Альянс", 2009. - 528 с.

6. Огневой, В. Я. Машиностроительные материалы: учебное пособие / В. Я. Огневой. - Барнаул: АлтГТУ, 2002. - 343 с.



7. Балабанов, В. И. Нанотехнологии. Наука будущего / В. И. Балабанов. – Серия: Открытия, которые потрясли мир. – М.: ЭКСМО, 2009 – 256 с.

8. Нанотехнологии. Азбука для всех / Под ред. Ю. Д. Третьякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.- 368 с.

### STUDY OF OPERABILITY OF COMPOSITE SLIDE BEARINGS BASED ON COPPER

I. O. Oleinik, V. V. Evstifeev,  
G. A. Goloshapov, V. I. Gudrin

**Abstract.** There is considered a formation of compounds of complex composite copper-based alloys for the manufacture of slide bearings. There is conducted several experiments aimed at identifying the preferred compound of the burden, showing that the percentage of glass has the main influence on the wearability. The composite material may be used in friction pairs with a lubrication and, in some cases, without lubrication.

**Keywords:** composite material, burden, copper powder, anti-friction materials, tribology.

### References

1. Voronkov B. D. *Podshipniki suxogo treniya* [Dry rubbing bearings]. Leningrad, Mashinostroenie, 1979, 224 p.

2. Arzamasov B. N. *Materialovedenie: uchebnik dlya vuzov* [Materials science: textbook for institutes of higher education]. Moscow, 2003, 648 p

3. Moshkov A. D. *Poristye antifrikcionnye materialy* [Porous antifrictional materials]. Moscow, Mashinostroenie, 1968, 208 p.

4. Melnik S. V. Goloshapov G. A., Evstifeev V. V. Povyshenie resursa opornyx katkov gusenichnyx mashin putem sovershenstvovaniya texnicheskogo obsluzhivaniya [Improving resource of road wheels of tracked vehicles by perfecting maintenance]. *Vestnik SibADI*, 2014, №2 (36), pp. 33 - 37.

5. Lahtin, Y. M., Leontieva V. P. *Materialovedenie: uchebnik dlya vysshix texnicheskix uchebnyx zavedenij* [Materials science: Textbook for technical institutes of higher education]. Moscow, 2009, 528 p.

6. Ognevoj V. Ya. *Mashinostroitelnye materialy: uchebnoe posobie* [Engineering materials: Textbook]. Barnaul, 2002, 343 p.

7. Balabanov V. I. *Nanotexnologii. nauka budushhego* [Nanotechnologies. Science of the future]. Seriya: otkrytiya, kotorye potryasli mir. izd-vo EKSMO, 2009 , 256 p.

8. *Nanotechnologies. The alphabet for all.* Tretyakova Y. D. Moscow, 2008, 368 p.

Олейник Игорь Олегович (Россия, Омск) – аспирант Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5).

Евстифеев Владислав Викторович (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «АКМиТ» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).

Голощупов Георгий Алексеевич (Россия, Омск) – инженер Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5).

Гурдин Виктор Иванович (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ) (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5).

Oleinik I .O. (Russian Federation, Omsk) - postgraduate student The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira 5).

Evstifeev V. V. (Russian Federation, Omsk) - Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Professor, The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).

Goloshapov G. A. (Russian Federation, Omsk) – engineer The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5).

Gudrin V. I. (Russian Federation, Omsk) - Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Professor, The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5).

УДК 621.878.25

## ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАНЕВРЕННОСТИ АВТОГРЕЙДЕРА С ШАРНИРНО-СОЧЛЕНЕННОЙ РАМОЙ

А. А. Портнова

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** *Статья посвящена обоснованию критерия эффективности маневренности автогрейdera с шарнирно-сочлененной рамой. Затрагиваются вопросы об условиях поворота автогрейdera, которые во многом определяются размерами автомобильных дорог. Показана необходимость движения автогрейdera по дорогам, при условии, чтобы передние и задние колеса проходили по одной колее. Приведены некоторые экспериментальные исследования, по которым выбирается оптимальный критерий эффективности маневренности автогрейdera с шарнирно-сочлененной рамой.*

**Ключевые слова:** автогрейдер с шарнирно-сочлененной рамой, критерий эффективности, целевая функция, маневренность, минимальный радиус поворота.

### Введение

Важным этапом при расчете параметров автогрейдеров (АГ) с шарнирно-сочлененной рамой (ШСР) и при решении задач оптимизации его параметров является обоснование критериев эффективности [1].

При решении инженерных задач часто требуется сравнение нескольких вариантов решения и выбора среди них наилучшего. Применение нерациональных решений влечет за собой существенные потери. В таких случаях вводится критерий эффективности, экстремальное значение которого характеризует свойство одного из наиболее важных технико-экономических показателей проектируемого устройства [1].

Эффективность устройства может быть установлена на каждом из следующих этапов жизненного цикла изделия [2]:

1. Предпроектный этап и проектный этап, когда создаются чертежи машин;
2. Этап эксплуатации, когда машина серийного производства эксплуатируется в различных условиях.

### Выявление критериев эффективности и определение оптимального критерия

Известно, что АГ является длиннобазовой землеройно-транспортной машиной (ЗТМ), и в транспортировке такой машины по городу возникают определенные трудности. Ширина проезжей части, в зависимости от категории дороги, принимается в соответствии с ГОСТ 52398 – 2005. Классификация автомобильных дорог. Наименьшее количество полос движения в обоих направлениях для проезжих частей скоростных дорог и магистральных улиц – 4 полосы и более, для жилых улиц – 2 полосы [3].

В соответствии с ГОСТ 52399 – 2005. Геометрические элементы автомобильных дорог, ширина одной полосы проезжей части для автомагистралей и скоростных дорог принята 3,75 м, для дорог обычного типа категории IВ – IV ширина одной полосы составляет от 3,0 до 3,75 м, для дорог обычного типа V категории – от 4,5 м.

Вписываемость длиннобазовых ЗТМ в повороты на городских дорогах на сегодняшний день является одной из важных проблем маневренности. Более того, в настоящее время на АГ, оснащенных ШСР, при транспортировке не используется возможность складывания хребтовой рамы. ШСР предназначена только для рабочих операций и управляется отдельным от рулевого управления устройством.

На рисунке 1 представлены различные варианты возможного поворота АГ с передними поворотными колесами (а), с поворотной ШСР (б) и с поворотными передними колесами и поворотной ШСР (в). Важно, чтобы АГ имел возможность совершать повороты с минимальным радиусом для передвижения по городским дорогам, а также немаловажным является движение передних и задних колес по одной колее, чтобы не создавались трудности в передвижении находящегося вблизи транспорта, и исключалась возможность задеть его выступающими частями АГ. Из рисунков видно, что наименьший радиус поворота АГ и наименьшая ширина габаритного коридора возможны в случае, когда АГ имеет поворотные передние колеса и поворотную ШСР (в). Следовательно, АГ с поворотными передними колесами и поворотной ШСР будет являться наиболее маневренным.

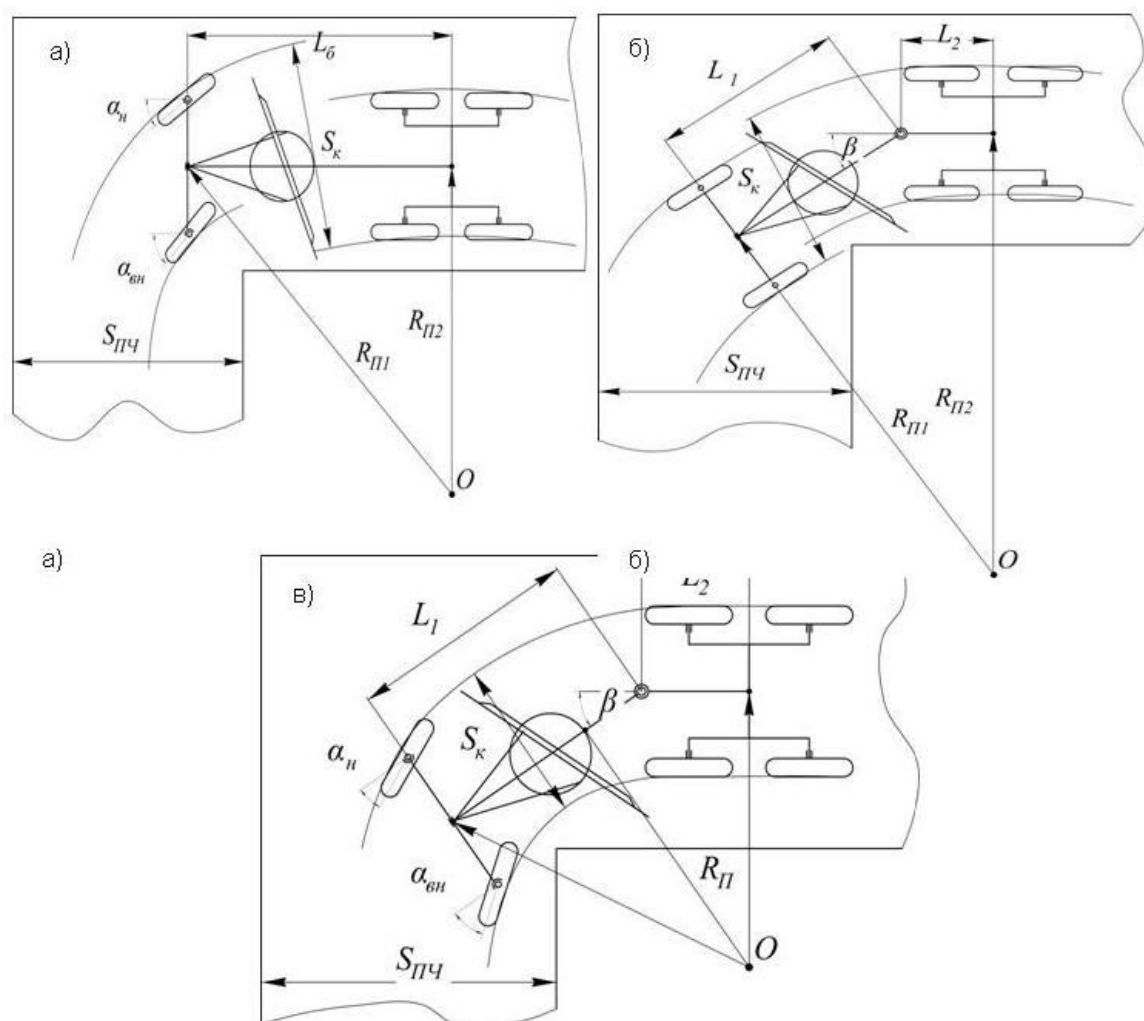


Рис. 1. Траектории и радиусы поворота автогрейдера а) с неповоротной рамой и поворотными передними колесами; б) с поворотной рамой и неповоротными передними колесами; в) с поворотной рамой и поворотными передними колесами

Под критерием эффективности будем понимать такой параметр, который может характеризовать маневренность АГ, а именно возможность совершения АГ разворота с минимальным радиусом при существующих стандартах размеров городских дорог. Основным требованием к выбору критерия эффективности является его информативность. К числу таких критериев эффективности могут быть отнесены: радиус поворота –  $R_n$ ; отношение радиуса поворота АГ к длине базы АГ –  $R_n / L_6$ ; коэффициент базы АГ –  $K_6$  (отношение расстояние от оси переднего моста до оси шарнира сочленения хребтовой и моторной рам к расстоянию между передней осью и осью качания балансиров задней тележки).

При определении влияния коэффициента базы на минимальный радиус поворота был проведен эксперимент, в котором для каждого

значения коэффициента базы определялся минимальный радиус поворота [4, 5, 6].

Зависимость  $R_{min} = f(K_6)$  была аппроксимирована с помощью полинома второй степени с коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,99$  и относительной погрешностью  $\delta$  не более 2,2 %:

$$R_{min} = 11,2 \cdot K_6^2 - 22,12 \cdot K_6 + 16,99.$$

Из рисунка 2 видно, что зависимость  $R_{min} = f(K_6)$  имеет гиперболический характер, и при изменении  $K_6$  на 50 % минимальный радиус поворота изменяет свою величину на  $\approx 29$  %. Результаты экспериментальных исследований показали, что  $K_6$  не существенно влияет на величину минимального радиуса, что позволяет сделать вывод о недостаточной информативности  $K_6$  и нецелесообразности его использования в качестве критерия эффективности.

Проведены экспериментальные исследования по определению отношения минимального радиуса поворота к длине базы АГ в зависимости от длины базы при фиксированных значениях коэффициента базы [4, 5, 6].

График полученной функции (рисунок 3) был аппроксимирован полиномиальным методом многочленом второй степени с коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,98$  и максимальной относительной погрешностью  $\delta = 0,6617\%$ .

Уравнение кривой записывается следующим образом:

$$R_{min} / L_{\delta} = 0,0094 \cdot L_{\delta}^2 - 0,1365 \cdot L_{\delta} + 1,619.$$

Критерий эффективности равный отношению минимального радиуса поворота к длине базы АГ также имеет гиперболический характер, и при изменении длины базы АГ почти в 2 раза этот показатель изменяется на 8

– 9 %, что опять же не является информативным и не может служить критерием эффективности криволинейного движения АГ.

Наиболее информативной является зависимость минимального радиуса поворота от длины базы АГ. Экспериментально определено, что при возрастании длины базы почти на 50 %, при фиксированном коэффициенте базы величина минимального радиуса поворота возрастает линейно приблизительно на 50 % и, следовательно, может характеризовать маневренность машины [5, 6].

На рисунке 4 показана зависимость  $R_{min} = f(L_{\delta})$ . Данная зависимость была аппроксимирована линейным уравнением с коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,99$  и максимальной относительной погрешностью  $\delta = 1\%$ :

$$R_{min} = 0,9991 \cdot L_{\delta} + 0,863.$$

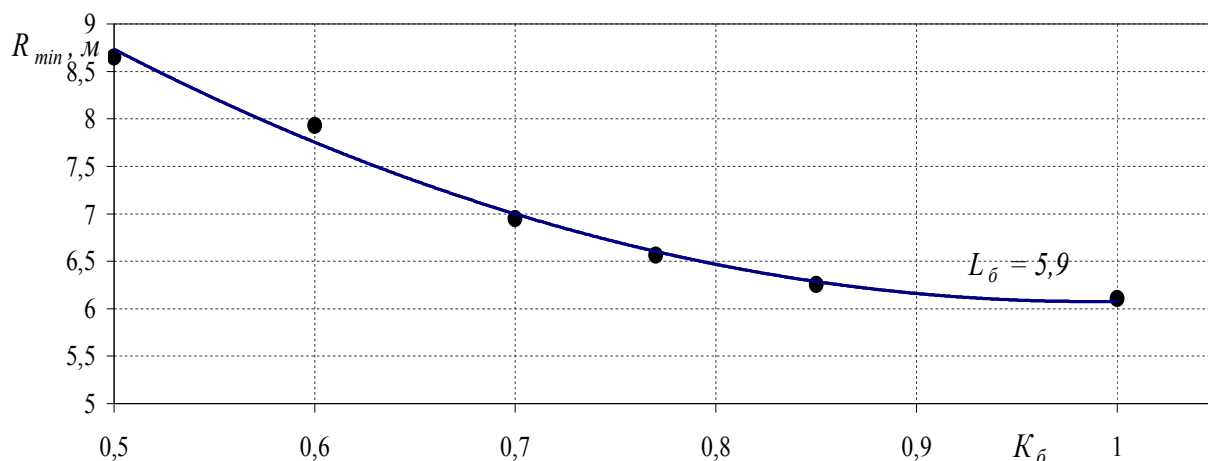


Рис. 2. Экспериментальная зависимость  $R_{min} = f(K_{\delta})$  и аппроксимирующая кривая

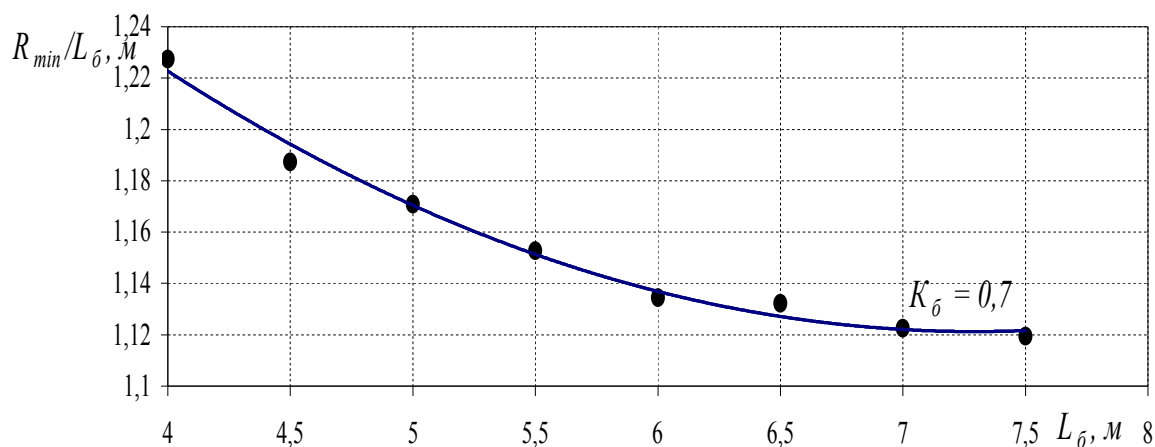


Рис. 3. Графическое представление зависимости  $R_{min} / L_{\delta} = f(L_{\delta})$  и аппроксимирующая кривая

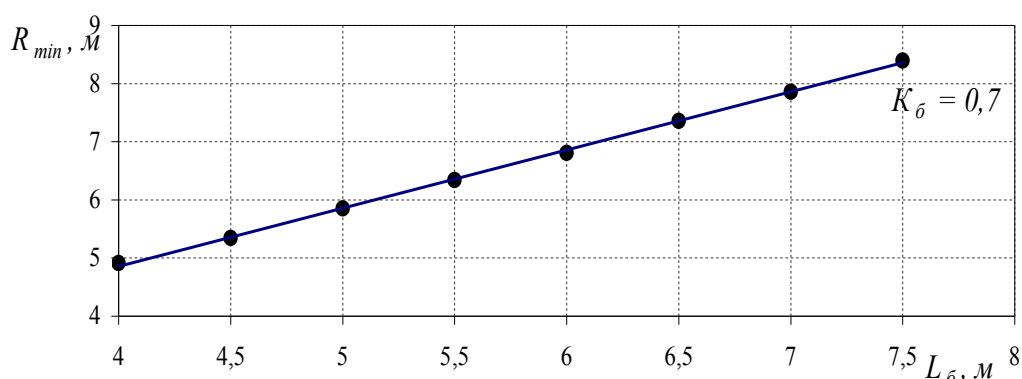


Рис. 4. Экспериментальная зависимость  $R_{\min} = f(L_{\delta})$  и аппроксимирующая кривая

Таким образом, в предложенной работе критерием эффективности предлагается выбрать минимальный радиус поворота АГ с ШСР:

$$K_{\delta} = R_{\min} \cdot L_{\delta}^{-1} \quad (1)$$

Согласно поставленной проблеме повышения маневренности АГ в стесненных условиях, можно сформулировать целевую функцию и ее направление, которое будет указывать, в каком смысле решение должно быть оптимальным:

$$R_{\min} = f(L_{\delta}) \rightarrow \min \quad (2)$$

Ширина габаритного коридора ( $S_k$ , м), под которой понимается ширина опорной поверхности, ограниченная проекциями на нее траекторий крайних выступающих точек АГ [7], не должна превышать ширину колеи АГ ( $b_k$ , м), то есть необходимо обеспечить поворот АГ при наименьшей ширине габаритного коридора движения колес АГ. Это условие будет служить ограничением:

$$S_k \leq b_k \quad (3)$$

Также необходимо указать граничные значения варьируемых конструктивных параметров АГ, которые непосредственно будут влиять на радиус поворота – это угол поворота передних управляемых колес ( $\alpha$ ), угол складывания ШСР ( $\beta$ ), длина базы АГ ( $L_{\delta}$ ). Таким образом, границы варьирования углов поворота колес и складывания ШСР [8, 9]:

$$0^{\circ} \leq \alpha \leq 45^{\circ}; \quad (4)$$

$$0^{\circ} \leq \beta \leq 40^{\circ}. \quad (5)$$

Границы варьирования длины базы АГ [10]:

$$4 \text{ м} \leq L_{\delta} \leq 7,5 \text{ м}. \quad (6)$$

Таким образом, выражение (1) задает критерий эффективности, выражение (2) – целевую функцию и ее направление, выражения (3...6) задают граничные условия и ограничения криволинейного движения АГ с ШСР.

### Заключение

Полученные зависимости (1...6) выявлены для дальнейших исследований криволинейного движения АГ с ШСР и позволят определить наиболее приоритетную конструкцию АГ для осуществления поворота с минимальным радиусом и разработать устройство управления АГ с ШСР, позволяющее использовать складывание хребтовой рамы при транспортировке.

### Библиографический список

1. Щербаков, В. С. Оптимизация конструктивных параметров гидравлических рулевых механизмов строительных и дорожных машин: Монография / В. С. Щербаков, А. В. Жданов. – Омск: СибАДИ, 2010. – 176 с.
2. Щербаков, В. С. Совершенствование объемных гидроприводов рулевого управления дорожно-строительных машин: Монография / В. С. Щербаков, Ш. К. Мукушев, А. В. Жданов. – Омск: СибАДИ, 2007. – 203 с.
3. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги [Текст]. – Утв. приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30.06.12 г. № 266. Введ. 01.07.13 г.
4. Портнова, А. А. Результаты экспериментальных исследований физической модели автогрейдера / А. А. Портнова, Е. Д. Комаров // Вестник СибАДИ. – 2013. – № 6 (34). – С. 87 – 91.
5. Портнова, А. А. Зависимость между углами поворота передних управляемых колес и шарнирно-сочлененной рамы автогрейдера / А. А. Портнова // Омский научный вестник. – Омск: ОмГТУ, 2013. – № 3 (123). – С. 157 – 159.
6. Портнова, А. А. Результаты экспериментальных исследований зависимостей угла поворота шарнирно-сочлененной рамы и радиуса поворота автогрейдера от угла поворота передних управляемых колес / А. А. Портнова // Вестник ИргТУ. – 2014. – № 3(86). – С. 50 – 55.

7. Вишняков, Н. Н. Автомобиль: Основы конструкции: Учебник для вузов по спец-ти «Автомобили и автомобильное хозяйство» / Н. Н. Вишняков, В. К. Вахламов, А. Н. Нарбут и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 206 с.

8. Автогрейдер ДЗ-122 Б [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.lider74.ru/Sections-article1-p1.html> (дата обращения: 04.06.2014)

9. Малютин Л. Автогрейдеры: совершенству нет предела / Л. Малютин // Основные средства. – М.: ЗАО «РИА «Росбизнес», 2004. – №2. – Режим доступа: [http://www.os1.ru/article/excavation\\_equipment/2004\\_02\\_A\\_2004\\_11\\_3\\_0-13\\_46\\_45/](http://www.os1.ru/article/excavation_equipment/2004_02_A_2004_11_3_0-13_46_45/) (дата обращения: 16.06.2014).

10. Автогрейдер Komatsu GD825A-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inter-ts.ru/komatsu/gd825a-2.pdf> (дата обращения: 04.06.2014)

### JUSTIFYING A CRITERION OF EFFICIENCY OF MOTOR-DRIVEN GRADER'S MANEUVERABILITY WITH STEERING FRAME

A. A. Portnova

**Abstract.** The article is devoted to justifying a criterion of efficiency of motor-driven grader's maneuverability with steering frame. **It deals with issues related to** conditions of motor-driven grader's turn, which in many respects are determined by the sizes of motor roads. There is shown a need of movement of motor-driven grader along roads on condition that front and back wheels passing along one track. The optimal criterion of efficiency of motor-driven grader's maneuverability with steering frame is selected by some experimental researches, which are presented in this paper.

**Keywords:** motor-driven grader with steering frame, criterion of efficiency, objective function, maneuverability, minimal radius of turn

### References

1. Scherbakov V. S., Zdanov A. V., *Optimization of design data of hydraulic steering mechanisms of construction and road cars* [Optimization of structural parameters of hydraulic steering devices of construction and road machines]. Omsk, SibADI, 2010, 176 p.

2. Scherbakov V. S., Mukushev S. K., Zdanov A. V. *Sovershenstvovanie obemnykh gidroprivodov*

*rulevogo upravleniya dorozhno-stroitelnykh mashin* [Improving the volumetric hydraulic drives of steering of road-building machines]. Omsk, SibADI, 2007, 203 p.

3. SNIP 2.05.02-85. Highways. Approved. Order of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation (Russian Ministry of Regional Development) from 30.06.12 № 266. Enter. 01.07.13

4. Portnova A. A., Komarov E. D. Rezultaty eksperimentalnykh issledovaniy fizicheskoy modeli avtogrejdera [Results of experimental researches of the motor-driven grader's physical model]. *Vestnik SibADI*, 2013, № 6(34), pp. 87-91.

5. Portnova A. A. Zavisimost mezhd uglami povorota perednix upravlyaemykh koles i sharnirno-sochlenennoj ramy avtogrejdera [The dependence between angles of front steerable wheels' turn and motor-driven grader's steering frame]. *Omskij nauchnyj vestnik*, 2013, № 3 (123), pp.157-159.

6. Portnova A. A. Rezultaty eksperimentalnykh issledovaniy zavisimostej ugla povorota sharnirno-sochlenennoj ramy i radiusa povorota avtogrejdera ot ugla povorota perednix upravlyaemykh koles [The results of experimental researches of the dependences of angles of steering frame's turn and radius of motor-driven grader's turn on angle of front steerable wheels' turn]. *Vestnik IrSTU*, 2014, 3(86), pp. 50 – 55.

7. Vishnyakov N. N., Vakhlamov V. K., Narbut A. N. *Automobile: Fundamentals of design: Textbook for high schools in Automobiles and automobile industry*. Moscow, Mashinostroenie, 1986, 206 p.

8. *Avtogrejder DZ-122 B* [Motor grader DZ-122 B]. Available at: <http://www.lider74.ru/Sections-article1-p1.html> (accessed 04.06.2014)

9. Malutin L. Avtogrejder: sovershenstvu net predela [Motor graders: there is no limit]. *Osnovnye sredstva*, Moscow, 2004, № 2, pp.

10. *Avtogrejder Komatsu GD825A-2* [Motor-driven grader Komatsu GD825A-2]. Available at: <http://www.inter-ts.ru/komatsu/gd825a-2.pdf> (accessed 04/06/2014)

*Портнова Александра Андреевна (Омск, Россия) – аспирант Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5 e-mail: portnova.a.mail@gmail.com).*

*Portnova A. A. (Russian Federation, Omsk) - postgraduate student The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira 5. e-mail: portnova.a.mail@gmail.com).*

УДК 656.1

## ОПТИМИЗАЦИЯ ГОРОДСКОЙ МАРШРУТНОЙ СЕТИ

Э. А. Сафронов, К. Э. Сафронов

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье рассмотрена методика оптимизации маршрутной сети, которая заключается в анализе вариантов трассировки маршрутов, интенсивности транспортных и пассажирских потоков, структуры парка по вместимости с учетом показателей и критерия. Наиболее эффективный вариант характеризуется снижением загрузки магистралей при росте объемов перевозок при соблюдении стандартов качества транспортного обслуживания. Реализация предлагаемого варианта осуществляется путем проведения конкурсов, что обеспечивает оздоровление конкурентной среды.

**Ключевые слова:** маршрутная сеть, подвижной состав, инфраструктура, провозная способность, пробег, эффективность, доступность, безопасность.

### Введение

Как справедливо заметил в свое время Аристотель: "жизнь требует движения". Отставание развития транспортной инфраструктуры городов от потребностей населения и производства приводит к замедлению роста экономики страны. В условиях бюджетного дефицита во многих регионах нет возможности комплексного развития инфраструктуры – транспортной и маршрутной сети, модернизации подвижного состава (далее – ПС), внедрения инновационных технологий и видов транспорта, субсидирования перевозок. Кроме того, борьба за место на рынке пассажирских перевозок приводит к самозахвату маршрутов, от этого страдает безопасность и качество обслуживания.

Выход видится в научном подходе к организации городского пассажирского транспорт (далее – ГПТ) и оптимизации маршрутной сети. В СибАДИ проведен ряд НИОКР, что принесло положительный эффект в таких городах как Сургут, Курган, Саранск. В настоящее время ведутся исследования в Нижневартовске и Бердске.

Следует отметить, что непоследовательность при оптимизации маршрутной сети Омска лишь усугубило транспортную проблему. За последние годы новые дороги практически не строятся, количество микроавтобусов достигло угрожающей для города цифры 5 тыс. ед., при этом парк больших автобусов сокращается, приостановлено строительство метро, сокращается протяженность трамвайных линий и количество троллейбусных маршрутов.

Исследования в данном направлении ведутся, например, нашими коллегами из Республики Беларусь. Однако, отсутствие системного подхода и использование устаревших методов обследований снижает эффективность этих исследований [1].

О необходимости исследований в области транспортного моделирования говорят современные специалисты разных школ [2]. За рубежом давно уже используются инновационные, цифровые и спутниковые технологии для изучения транспортных и пассажирских потоков – они дешевле и надежнее [3, 4].

### Методика оптимизации маршрутной сети

Ее основная цель – поэтапная разгрузка улично-дорожной сети (далее – УДС) от транспортных потоков при постепенном увеличении объемов пассажирских перевозок [5]. Дорыночный период развития ГПТ был ориентирован на преимущественное развитие массового транспорта, причем этот процесс не привел к перегрузке УДС городов. В настоящее время ситуация предельно обострилась и проблему транспортного обслуживания населения следует рассматривать комплексно, с учетом загрузки УДС города, особенностей формирования транспортных потоков, учитывая мнение населения и перевозчиков.

Методика, разработанная в СибАДИ, рассматривает проблему транспортного обслуживания крупных городов в системе: пассажир – транспорт – дорога. В этой системе пассажиры, пользуясь транспортом, т.е. подвижным составом различной вместимости, воздействуют на дорогу, загружая её транспортными потоками. У

каждого из указанных элементов системы имеются свои показатели, которые отражают уровень функционирования маршрутной сети города в целом. Показатели выбраны таким образом, чтобы в процессе оптимизации маршрутной сети города контролировать переменные показатели по выбранному критерию (таблица 1). В качестве него выбран показатель суточной загрузки УДС

транспортными потоками в приведенных единицах –  $\Pi_{\Gamma}$ , авт. - км/сут. Задача снижения загрузки УДС города при сохранении или росте провозной способности  $\Pi_C$  решается путем оптимизации маршрутной сети и структуры парка по вместимости и численности. Это в итоге приводит к увеличению средней вместимости  $\Pi_C$  по городу.

Таблица 1 – Основные показатели маршрутной сети города

№	Показатель	Обозначение	Размерность
1	Длина транспортной сети	$L_C$	км
2	Длина маршрутной сети	$L_M$	км
3	Количество маршрутов	$N_M$	ед.
4	Маршрутный коэффициент	$m$	–
5	Длина маршрута в одном направлении	$l_M$	км
6	Количество рейсов в одном направлении в сутки	$N_P$	ед.
7	Коэффициент среднесуточного наполнения ПС (0,2...0,3)	$K_H$	-
8	Списочное количество подвижного состава	$N_C$	ед.
9	Выпуск подвижного состава на линию	$N_{\Pi C}$	ед.
10	Коэффициент выпуска подвижного состава	$\gamma$	%
11	Вместимость подвижного состава (паспортная)	$\Omega, \Omega_{\text{ср}}$	пасс.
12	Интервал движения	$t_{\text{дв}}$	мин.
13	Предлагаемая работа транспорта	$P_{\Gamma} = \Omega \ell_{\text{МП}} N_P$	место-км/сут.
14	Средняя длина поездки	$\ell_{\text{МП}}$	км
15	Провозная способность транспорта	$\Pi_C = P/K_H$	пасс. - км/сут.
16	Объем перевозок	$W = N_C / \ell_{\text{МП}}$	пасс.
17	Доля перевозок по видам транспорта	$\Delta B$	%
19	Среднесуточный пробег транспорта	$C_{\Gamma} = N_{\Pi C} \ell_{\text{МП}} N_P$	маш.-км/сут.
20	Коэффициенты приведения машинопотоков к легковому транспорту	$K_{\Gamma P}$	-
21	Доля ГПТ в транспортном потоке	$\Delta T$	%
22	Доля ГПТ в пассажирском потоке	$\Delta \Pi$	%
23	Приведенный пробег	$\Pi_{\Gamma} = C_{\Gamma} K_{\Gamma P}$	авт. -км/сут.
24	Коэффициент непрямолинейности, где $L_l$ – длина по воздушной линии	$K_N = L_M / L_l$	-
25	Средняя скорость сообщения	$V_{\text{э}}$	км/ч
26	Себестоимость перевозок	$S_{\Gamma}$	руб./ пасс. -км

Используя данную методику можно объективно оценить все варианты развития маршрутной сети города и выбрать наилучший по указанным критериям качества маршрутной сети – величине провозной способности ГПТ и уровню загрузки УДС города. В интересах города и его жителей целесообразно поднимать первый показатель до приемлемого уровня (который определяется величиной интервала движения и наполнения ПС) и снижать второй показатель, поскольку это приводит к уменьшению аварийности и загрязнения окружающей среды и повышению средней скорости транспортного потока.

Основное направление оптимизации МС – это рост средней вместимости, что повышает провозную способность транспорта и снижает приведенный пробег ГПТ (рисунок 1).

По данному алгоритму осуществляется оптимизация маршрутной сети, как по отдельным зонам, так и в целом по городу. Эффективность оптимизации заключается в повышении объемов перевозок и скорости сообщения, а также снижении заторов и себестоимости перевозок (рисунок 2). Величина эффективности также зависит от скорости сообщения (рисунок 3).



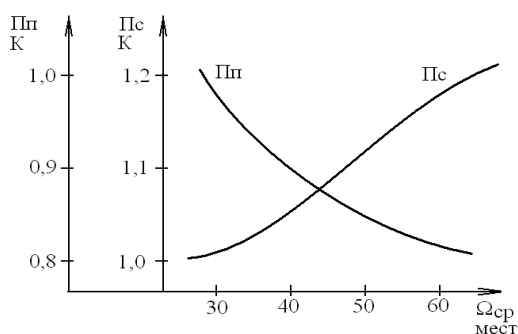


Рис. 1. Зависимость провозной способности и пробега от средней вместимости транспорта

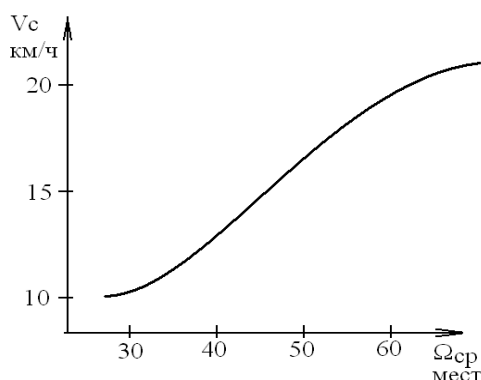


Рис. 2. Зависимость скорости сообщения на ГПТ от средней вместимости транспорта (с учетом снижения заторов)

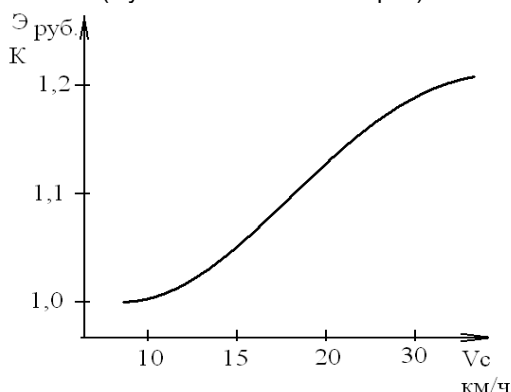


Рис. 3. Зависимость эффективности от скорости сообщения на ГПТ

### Реализация планов оптимизации маршрутной сети

Получить исходную информацию о работе маршрутной сети можно с помощью обследований, проводимых на остановках и в сечениях улиц с использованием видеосъемок. Каждая видеозапись сопровождается при просмотре шкалой времени, при этом оператор в анкете отмечает данные о количестве:

- пассажиров на остановке;
- легкового, грузового и служебного транспорта;

- автобусов, троллейбусов, маршрутных такси по маршрутам;

- вошедших, вышедших и проехавших пассажиров и т.д.

Наполнение подвижного состава оценивается по количеству занятых мест, плюс число стоящих пассажиров. В некоторых случаях, например, при тонировке салона, наполнение определяется экспертным путем. Полученные данные служат основой для всестороннего анализа технических и качественных показателей транспортного обслуживания населения, работы ГПТ и загрузки УДС.

В процессе анализа маршруты ГПТ делятся на шесть групп. Первая группа – маршруты, не требующие изменения, т.к. их трассировка не затрагивает центральной части города и основных городских магистралей. Вторая группа – маршруты с высоким коэффициентом непрямолинейности – 2 и более, что требует его снижения и, при возможности, доведения до норматива 1,1...1,3. Далее, маршруты проверяются на предмет дублирования с другими маршрутами – это третья группа маршрутов. В четвертой рассматриваются маршруты, на которых сконцентрированы основные объемы перевозок. При этом происходит оптимизация парка по вместимости. В пятой группе обосновывается закрытие нерентабельных маршрутов. В шестой предлагается разработка новых маршрутов с учетом площадок строительства и освоения новых территорий.

Поставленная задача, по совершенствованию маршрутной сети в различных городах, на выходе имеет следующий вид (таблица 2). Объемы перевозок по разработанным вариантам выросли от 1 до 9 %, а приведенный пробег снизился от 4 до 20 %, за счет замены микроавтобусов на автобусы и оптимизации маршрутов. При этом возрастает доступность маршрутной сети для инвалидов и маломобильных групп населения [6]. Учитывая, что в составе транспортного потока ГПТ составляет около 30 %, реальное снижение загрузки магистральной сети составит от 2 до 7 %, что уже ощутимо. Следует отметить, что предложенные варианты были одобрены и реализованы в указанных городах и получили положительную оценку населения. При этом учитывалось мнение жителей, водителей и финансовые возможности города.

Таблица 2 – Динамика совершенствования показателей маршрутной сети городов

Город	Объем перевозок, <i>W</i> , %	Приведенный пробег, <i>П<sub>п</sub></i> , %	Загрузка магистральной сети, $\Delta T$ , %
Омск*	+1	-20	-7
Сургут	+9	-20	-6
Курган	+5	-13	-5
Саранск	+3	-4	-2

Примечание: \* – план не реализован.

В отдельных регионах транспортная инфраструктура развивается довольно устойчиво. Например, в Липецке, Новосибирске, Кемерово удалось избавиться от микроавтобусов на главных городских улицах. Однако в связи с дефицитом бюджетов во многих крупных муниципальных образованиях наблюдается недофинансирование программ развития транспортной инфраструктуры. В таких условиях целесообразно использовать инновационные малозатратные методы совершенствования транспортных систем.

В развитых странах ситуация уже несколько иная, например, американцы сейчас говорят о перенасыщении их городов автомобилями и автомобильными дорогами, которые лишили их свободных пространств и газонов. Эра проектов, максимально благоприятствующих автомобильным сообщениям, уходит в прошлое, уступая место более широкой задаче создания удобных для жизни, экономически эффективных, здоровых в социальном отношении и устойчивых в экологическом плане городов. В таких городах создаются комфортные условия для пешеходных и велосипедных сообщений, а также альтернативные гибкие перевозочные системы, предназначенные, в частности, для пожилых и маломобильных граждан [7].

#### **Заключение**

Государственная политика в области обеспечения доступности и качества транспортных услуг для населения предполагает закрепление минимальных социальных транспортных стандартов на законодательном уровне и использование механизмов компенсации потерь в доходах транспортных компаний, возникающих в результате государственного регулирования тарифов на пассажирские перевозки [8]. Кроме того, планируется принятие на федеральном уровне социальных автотранспортных стандартов, устанавливающих показатели качества обслуживания населения пассажирским транспортом в городском, пригородном,

междугородном и международном сообщении, включая маломобильных граждан.

Предлагаемый метод оптимизации маршрутной сети города позволяет повысить качество транспортного обслуживания населения, снизить себестоимость и улучшить доступность городской среды. Перевозчики также положительно оценивают результаты оптимизации: сокращается дублирование маршрутов, исключается нелегальная конкуренция, долгосрочные договора позволяют брать в лизинг ПС. Внедрение электронной системы оплаты проезда позволяет привлекать льготных пассажиров в подвижной состав категории МЗ, получать субсидии из бюджета, что выгодно всем сторонам перевозочного процесса, получать данные о перевозках в режиме реального времени. Это способствует созданию здоровой конкурентной среды.

#### **Библиографический список**

1. Седюкевич, В. Н. Совершенствование эффективности автобусных перевозок пассажиров в г. Слониме / В. Н. Седюкевич, С. С. Семченков, Д. В. Мозалевский, С. В. Скриновский // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XX международной науч. - практ. конф. – Екатеринбург: АНМБ, 2014. – С. 74-78
2. Петрович, М. Л. Транспортные модели в градостроительном планировании / М. Л. Петрович, Л. Ю. Истомина // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XX международной науч. - практ. конф. – Екатеринбург: АНМБ, 2014. – С. 31-40.
3. Robinson, Darren (ed.) 2011: Computer Modelling for Sustainable Urban Design – Physical Principles, Methods and Applications. – London. – pp. 277.
4. Modelling Transport, 4th Edition / Juan de Dios Ortuzar, Luis G. Willumsen. – John Wiley&Sons LTD, 2011. – 606 p.
5. Сафронов, К. Э. Инновационные методы повышения эффективности транспортных систем городов / К. Э. Сафронов, Э. А. Сафронов // Вестник МАДИ. – 2011. – № 3 (26). – С. 7-12.

6. Сафронов К. Э. Концепция формирования доступной транспортной инфраструктуры городов России / К. Э. Сафронов // Вестник СибАДИ. – 2012. – № 4. – С. 145-153.

7. Вукан, Р. Вучик. Транспорт в городах, удобных для жизни / Р. Вучик Вукан. – Территория будущего, 2011. – 576 с.

8. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. / Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. N 1734-р. – Режим доступа: <http://www.mintrans.ru/> (Дата обращения 02.08.2014).

### OPTIMIZATION OF MUNICIPAL ROUTE NETWORK

E. A. Safronov, K. E. Safronov

**Abstract.** The article dwells on a technique of optimization of a route network which is consisted in analysis of routing variants, intensity of transport and passenger flows, structure of park on capacity, considering indices and criterion. The most effective variant is characterized by decrease of loading of highways at growth of volumes of transportations at compliance with the quality standards of transport service. The realization of the offered variant is implemented by conducting competitions that provide enhancement of competitive environment.

**Keywords:** route network, rolling stock, infrastructure, carrying capacity, running, efficiency, availability, safety.

### References

1. Sedyukevich V. N., Semchenkov S. S., Mozalevskij D. V., Skrinovs S. V. Sovershenstvovanie effektivnosti avtobusnykh perevozok passazhirov v gorode Smolin [Improvement of efficiency of passenger transportations by bus in the city of Slonim]. *Socialno-ekonomicheskie problemy razvitiya i funkcionirovaniya transportnykh sistem gorodov i zon ix vliyaniya: materialy xx mezhdunarodnoj nauch. prakt. konf.* Ekaterinburg, 2014, pp. 74-78.

2. Petrovich M. L., Istomina I. Yu. Transportnye modeli v gradostroitelnom planirovanii [Transport models in urban development]. *Socialno-ekonomicheskie problemy razvitiya i funkcionirovaniya transportnykh sistem gorodov i zon ix vliyaniya: materialy xx mezhdunarodnoj nauch. - prakt. konf.* Ekaterinburg, 2014, pp. 31-40.

3. Robinson, Darren (ed.) 2011: Computer Modelling for Sustainable Urban Design – Physical Principles, Methods and Applications. – London. – 277 pp.

4. Modelling Transport, 4th Edition / Juan de Dios Ortuzar, Luis G. Willumsen. – John Wiley&Sons LTD, 2011. – 606 pp.

5. Safronov K. E., Safronov E. A. Innovacionnye metody povysheniya effektivnosti transportnykh sistem gorodov [Innovative methods of increasing efficiency of transport systems of the cities]. *Vestnik MADI*, 2011, № 3, pp. 7 - 12.

6. Safronov K. E. Konceptiya formirovaniya dostupnoj transportnoj infrastruktury gorodov rossii [Concept of formation of available transport infrastructure of the Russian cities]. *Vestnik SibADI*, 2012, № 4, pp. 145-153.

7. Vukan, R. Vuchik. *Transport in the cities convenient for life.* Territoriya budushhego, 2011, 576 p.

8. *Transportnaya strategiya rossijskoj federacii na period do 2030 g.* [Transport strategy of the Russian Federation from November 22, 2008 N 1734-p.]. Available at: <http://www.mintrans.ru/> (accessed 02.08.2014).

*Сафронов Эдуард Алексеевич (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: sibadi1@rambler.ru).*

*Сафронов Кирилл Эдуардович (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент профессор Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: transistem@rambler.ru).*

*Safronov E. A. (Russian Federation, Omsk) – Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Professor, The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: e-mail: sibadi1@rambler.ru).*

*Safronov K. E. (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical Sciences, assistant professor The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: transistem@rambler.ru).*

УДК 629.3.027.5

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК БОКОВОГО СЦЕПЛЕНИЯ ШИНЫ И РАСЧЕТ ИХ ОЦЕНОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В СТЕНДОВЫХ УСЛОВИЯХ

К. Г. Шаршуков, С. С. Капралов

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, Омск

**Аннотация.** Представлена методика определения зависимости боковой реакции от угла увода шины с использованием аппроксимирующей функции по экспериментальным данным, полученным в стендовых условиях. Применен численный метод расчета функции: метод переменной метрики – алгоритм Дэвидона – Флетчера – Пауэлла. Предложен расчет оценочных показателей характеристики бокового сцепления шины.

**Ключевые слова:** автомобильная шина, оценочные параметры, сцепные свойства шин, боковой увод, эксперимент.

### Введение

Оценочными параметрами характеристик бокового сцепления шин являются: коэффициент бокового сцепления  $\phi_y$ , коэффициент бокового сцепления при угле увода  $20^\circ$   $\phi_{y20}$ , критический угол увода  $\delta_{кр}$  и соответствующие им коэффициенты чувствительности основных влияющих факторов [1, 2].

Для решения практических задач наибольшее распространение в мире получили полуэмпирические модели функции  $\sin$  от  $\arctg$ . К ним относятся, прежде всего, модели Н.В. Расејка [2, 9] и А.Б. Дика [5].

Проводя сравнение моделей шин Н. В. Расејка и А. Б. Дика можно выделить преимущество последней. Оно заключается в следующем:

- параметры, определяемые для модели, достаточно хорошо изучены;
- параметры надежно определяются из небольшого числа экспериментов;
- параметры понятны инженерам-автомобилистам.

Модель Н. В. Расејка лишь частично удовлетворяет этим требованиям.

Как таковой методики определения оценочных параметров бокового сцепления шин на основе экспериментальных данных нет. Целью данной работы является поиск инновационного подхода при определении оценочных параметров характеристики бокового сцепления шин, полученной в стендовых условиях.

### Методики определения характеристик бокового сцепления шины

Испытание шин проводится по методике представленной в работе [4]. При этом получают массив точек зависимости боковой

реакции от угла увода при отсутствии действия продольной силы (увод в чистом виде)  $R_y = f(\delta)$ . Эта зависимость достаточно хорошо описывается функцией, предложенной А. Б. Диком [6]:

$$R_y = P_z \phi_y f(S), \quad (1)$$

где  $R_y$  – боковая реакция, Н;  $\phi_y$  – коэффициент бокового сцепления;  $P_z$  – нормальная нагрузка, Н;

$$f(S) = \sin(A \cdot \arctan(B \cdot E)), \quad (2)$$

где

$$E = S_y + D \cdot S_y^2 \cdot \exp(-10 \cdot S_y^2);$$

$S_y = \sin(\delta)$  – проскальзывание в боковом направлении;  $A$ ,  $B$ ,  $D$  – эмпирические коэффициенты, определяющие протекание характеристики;  $\delta$  – угол увода, рад.

На первом этапе обработки для уменьшения погрешности измерений экспериментальные данные подвергаются математическому сглаживанию по методике, описанной в справочнике [6]. Это специальная операция усреднения с помощью интерполяционных полиномов, обеспечивающая получение уточненного значения  $\hat{y}_i$  по заданному значению  $y_i$  и ряду близлежащих значений ( $\dots, y_{i-1}, y_i, y_{i+1}, \dots$ ) известных со случайной погрешностью. Таким образом, при обработке данных на первом этапе применено скользящее нелинейное сглаживание по семи точкам полиномом третьей степени с использованием следующих формул:

$$\begin{aligned} \hat{y}_0 &= [39y_0 + 8y_1 - 4(y_2 + y_3 - y_4) + y_5 - 2y_6] / 42; \\ \hat{y}_1 &= (8y_0 + 19y_1 + 16y_2 + 6y_3 - 4y_4 - 7y_5 + 4y_7) / 42; \\ \hat{y}_2 &= (-4y_0 + 16y_1 + 19y_2 + 12y_3 + 2y_4 - 4y_5 + y_6) / 42; \\ \hat{y}_i &= [7y_i + 6(y_{i+1} + y_{i-1}) + 3(y_{i+2} + y_{i-2}) - 2(y_{i+3} + y_{i-3})] / 21; \quad 3 \leq i \leq N-3; \\ \hat{y}_{N-2} &= (y_{N-6} - 4y_{N-5} + 2y_{N-4} + 12y_{N-3} + 19y_{N-2} + 16y_{N-1} - 4y_N) / 42; \\ \hat{y}_{N-1} &= (4y_{N-6} - 7y_{N-5} - 4y_{N-4} + 6y_{N-3} + 16y_{N-2} + 19y_{N-1} + 8y_N) / 42; \\ \hat{y}_N &= (-2y_{N-6} + 4y_{N-5} + y_{N-4} - 4y_{N-3} - 4y_{N-2} + 8y_{N-1} + 39y_N) / 42; \end{aligned}$$

где  $i$  и  $N$  – номера текущей и последней точек соответственно.

Таким образом, производится сглаживание массивов  $R_{yi}$ ,  $P_{zi}$ ,  $\delta_i$  ( $i = 200$ ). Из-за несовпадения силового и кинематического нулей, а также влияния конусного и углового эффектов шины зависимость  $R_y = f(\delta)$  не проходит через начало координат осей абсцисс и ординат. Поэтому для учета этих эффектов введены дополнительные коэффициенты  $\Delta R_y$  – смещение по вертикали,  $\Delta \delta$  – смещение по горизонтали (рисунок 1).

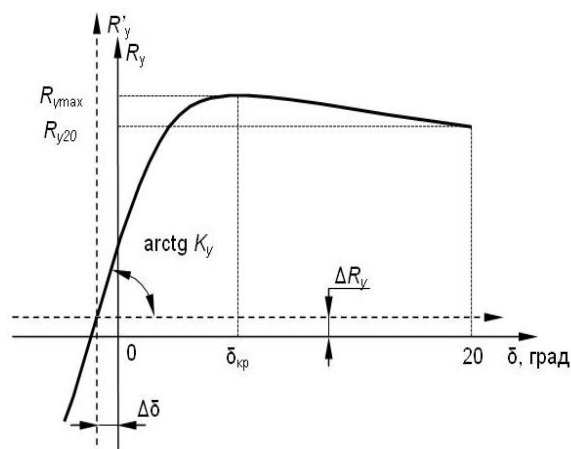


Рис. 1. Функция зависимости боковой реакции от угла увода

Следовательно, аппроксимирующая функция примет следующий вид:

$$R_y = P_z \varphi_y f(S) + \Delta R_y; \quad (3)$$

$$f(S) = \sin(A \cdot \arctan(B \cdot E)); \quad (4)$$

$$E = S_y + D \cdot S_y^2 \cdot \exp(-10 \cdot S_y^2); \quad (5)$$

$$S_y = \sin(\delta + \Delta \delta). \quad (6)$$

На втором этапе производится нормирование боковой силы:

$$\Phi_{yi} = \frac{R_{yi}}{P_{zi}}, \quad (7)$$

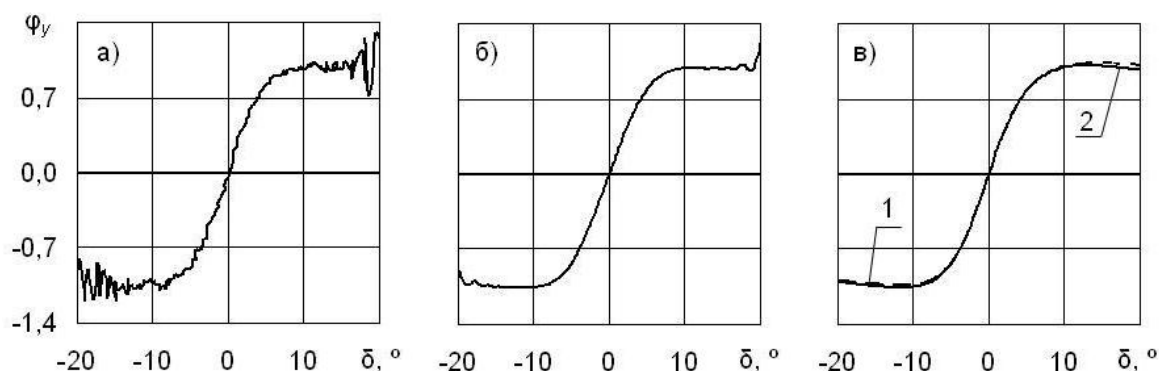
тогда аппроксимирующая функция принимает вид:

$$\varphi_y(\delta) = \varphi_y f(S) + \Delta \varphi_y. \quad (8)$$

На следующем этапе производится аппроксимация зависимости  $\varphi_y = \varphi_y(\delta)$  с использованием одного из методов градиентного спуска: метода переменной метрики – алгоритм Дэвидона – Флетчера – Пауэлла [7, 8]. Из полученного аппроксимирующего соотношения находятся значения коэффициента бокового сцепления  $\varphi_y$ , критического угла увода  $\delta_{кр} = (\delta_{кр+} + |\delta_{кр-}|) / 2$  (где  $\delta_{кр+}$  и  $\delta_{кр-}$  – критические углы увода при положительных и отрицательных углах увода соответственно), коэффициента бокового сцепления при угле увода  $20^\circ$   $\varphi_{y20} = (\varphi_{y20+} + |\varphi_{y20-}|) / 2$  (где  $\varphi_{y20+}$  и  $\varphi_{y20-}$  коэффициенты бокового сцепления при угле увода  $+20^\circ$  и  $-20^\circ$  соответственно).

Затем производится определение коэффициентов чувствительности для каждого параметра.

Пример результатов аппроксимации зависимости  $\varphi_y = \varphi_y(\delta)$  представлен на рисунке 2. В таблице 1 представлены численные значения параметров функций, предложенных А.Б. Диком (формула 1) и автором (формула 3) для шины 175/70R14 при нормальной нагрузке 3,4 кН, давлении воздуха в шине 200 кПа и скорости качения колеса 22,2 м/с.



а – экспериментальные данные, б – сглаженные данные, в – данные аппроксимации, 1, 2 – аппроксимации зависимости  $\varphi_y = \varphi_y(\delta)$  по формулам 1 и 3 соответственно

Рис. 2. Зависимости  $\varphi_y = \varphi_y(\delta)$  для шины 175/70R14 при нормальной нагрузке 3,4 кН, давлении воздуха в шине 200 кПа и скорости качения колеса 22,2 м/с

Таблица 1 – Результаты аппроксимации зависимости  $\varphi_y = \varphi_y(\delta)$  функциями, предложенные А. Б. Диком (формула 1) и автором (формула 3)

Аппроксимирующая функция	$\varphi_y$	$\varphi_{y20}$	$\delta_{кр}, ^\circ$	A	B	D	$\Delta\delta, ^\circ$	$\Delta\varphi_y$	Стандартное отклонение
Формула 1	1,04	1,01	13,1	1,50	7,67	-0,75	-	-	0,033
Формула 3	1,04	0,99	12,3	1,58	7,26	-0,39	0,10	-0,02	0,027

### Заключение

В результате проведенного исследования сделаны следующие выводы:

1. Представлен расчет характеристик бокового сцепления шин для обработки экспериментальных данных, при реализации которого применяется метод градиентного спуска. Тем самым более точно определяются коэффициенты аппроксимирующей функции, предложенной А. Б. Диком.

2. Внесены изменения в функцию, предложенную А. Б. Диком. Добавлены два коэффициента учитывающие смещение графика по вертикали и горизонтали, что позволяет точнее определять коэффициенты аппроксимирующей функции.

### Библиографический список

1. Дик, А. Б. Систематизация данных испытаний шин на сопротивление уводу / А. Б. Дик, В. А. Каня, В. Д. Балакин // Третий Всесоюзный симпозиум «Проблемы шин и резинордных композитов» (21–25 октября 1991 г.): Тез. докл. – М.: НИИ шинной промыш. (НИИШП), 1991. – С. 145–149.
2. Капралов, С. С. Повышение управляемости легкового автомобиля за счет совершенствования

характеристик шин: дисс. ... канд. тех. наук. / С. С. Капралов – М.: МАМИ, 1998. – 310 с.

3. Bachmann T. Literaturrecherche zum Reibwert zwischen Reifen und Fahrbahn / T. Bachmann / Fortschritt-Bericht VDI. – Reihe 12. – Nr. 286. – Düsseldorf.: VDI Verlag, 1996. – 212 s.

4. Шаршуков, К. Г. Методика испытаний шин на барабанном стенде с поверхностью из полиуретона / К. Г. Шаршуков, С. С. Капралов, П. Н. Малюгин // Автомобильная промышленность. - 2009. - № 3. - С. 35-36.

5. Дик, А. Б. Расчет стационарных и нестационарных характеристик тормозящего колеса при движении с уводом: дисс. ... канд. техн. наук. / А. Б. Дик – М., 1988. – 228 с.

6. Дьяконов, В. П. Справочник по алгоритмам и программам на языке Бейсик для персональных ЭВМ: Справочник / В. П. Дьяконов.– М.: Наука, 1987. – 240 с.

7. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский - М.: Наука, 1976. – 270 с.

8. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов/ Ф. С. Новик, Я. Б. Арсов. - М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.

9. Pacejka, H. B. Tire and Vehicle Dynamics / H. B. Pacejka. – Elsevier, 2006 – 642 p.

**METHODOLOGY OF DETERMINING  
CHARACTERISTICS OF LATERAL TIRE  
TRACTION AND CALCULATION OF THEIR  
EVALUATIVE PARAMETERS RECEIVED IN  
LABORATORY CONDITIONS**

K. G. Sharshukov, S. S. Kapralov

**Abstract.** There is presented a methodology of determining dependence of cornering force on breakaway angle using approximating function on the experimental data received in laboratory conditions. The numerical method for function's calculation is applied: variable-metric method - algorithm of Davidon - Fletcher - Powell. Calculation of evaluative parameters of lateral tire traction's characteristic is offered.

**Keywords:** automobile tire; evaluating parameters; adhesion properties of tires; lateral breakaway, experiment.

**References**

1. Dik Dik A. B., Kanya V. A., Balakin V. D. Sistematizatsiya dannykh ispytaniy shin na soprotivlenie uvodu [Systematization of present tests of tires on resistance to breakaway]. *Tretij vsesoyuznyj simpozium Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov (21–25 oktyabrya 1991 g.): tezis dokadov.* Moscow, 1991, pp. 145 – 149.
2. Kapralov S. S. *Povyshenie upravlyaemosti legkovogo avtomobilya za schet sovershenstvovaniya xarakteristik shin.* Diss. kand. tex. nauk. [Increasing automobile's controllability due to improvement of tires' characteristics]. Moscow, 1998. 310 p.
3. Bachmann T. *Literaturrecherche zum Reibwert zwischen Reifen und Fahrbahn.* Fortschritt-Bericht VDI. Reihe 12. Nr. 286. Düsseldorf.: VDI Verlag, 1996. 212 p.
4. Sharshukov K. G. Kapralov S. S., Malyugin P. N. Metodika ispytaniy shin na barabannom stende s poverxnostyu iz polimerbetona [Methodology of testing tires on the drum stand with a surface of polymer concrete]. *Avtomobilnaya promyshlennost*, 2009, № 3, pp. 35 - 36.
5. Dik A. B. *Raschet stacionarnyx i nestacionarnyx xarakteristik tormozyashhego koleasa pri dvizhenii s uvodom.* Dis. kand. texn. nauk.

[Calculation of stationary and non-stationary characteristics of an inhibitory wheel at the movement with breakaway]. Moscow, 1988, 228 p.

6. Dyakonov V. P. *Spravochnik po algoritmam i programmam na yazyke bejsik dlya personalnyx evm: spravochnik* [The reference book on algorithms and programs in the Basic language for personal computers: Reference book]. Moscow, Nauka, 1987, 240 p.

7. Adler Yu. P. *Planirovanie eksperimenta pri poiske optimalnyx uslovij* [Experiment planning in the search for optimum conditions]. Moscow, Nauka, 1976, 270 p.

8. *Optimizatsiya processov texnologii metallov metodami planirovaniya eksperimentov* [Optimization of processes of metal technology by methods of planning experiments]. Novik F. S., Arsov Ya. B. Moscow, Mashinostroenie; sofiya: texnika, 1980, 304 p.

9. Pacejka H. B. *Tire and Vehicle Dynamics.* Elsevier, 2006, 642 p.

*Шаршуков Константин Геннадиевич (Россия, Омск) – инженер кафедры «Организация и безопасность движения» Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ); ОАО «ОМУС-1» (644080, г. Россия, Омск, пр. Мира, 5, e-mail: chkosstya@mail.ru)*

*Капралов Станислав Станиславович - кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения» Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), (644080, г. Россия, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kssmail@mail.ru).*

*Sharshukov K. G. (Russian Federation, Omsk) – engineer of the «Traffic organization and safety» Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira, 5, department, e-mail: chkosstya@mail.ru)*

*Kapralov S. S. (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, senior lecturer of the «Traffic organization and safety» Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira, 5, department, e-mail: kssmail@mail.ru).*

УДК 629.4.016.1: 629.4.016.56

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ

В. В. Шилер, А. В. Шилер, К. С. Фадеев

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

**Аннотация.** В представленной работе приведены перспективные направления развития транспортных систем. Выполнен анализ особенностей формирования сопротивления движению транспортных систем. Представлена силовая схема особенностей формирования сил сопротивления качению колесной пары по рельсам при действии центробежной силы в процессе криволинейного движения. Разработана методика расчета удельных энергетических затрат, затрачиваемых на перемещение грузов в зависимости от скорости движения. Дана сравнительная оценка энергетической эффективности транспортных систем в том числе и колесной пары новой конструкции.

**Ключевые слова:** энергетическая эффективность, транспортные средства, трение, колесная пара и сопротивление движению.

### Введение

Как известно, от динамических параметров системы "колесная пара – рельсовая колея" зависят основные технико-экономические показатели железнодорожных перевозок. Поэтому уровень востребованности новых высокоэффективных конструкций колесных пар можно определить по результатам анализа динамики основных технико-экономических показателей железнодорожных перевозок в РФ за последние 40 лет. Так, например: участковая скорость выросла с 39 до 42 км/ч, осевая нагрузка – с 21 ÷ 23 до 23 ÷ 25 т, средний вес поезда с 3500 до 4300 т, скорость доставки грузов – с 12 до 14,8 км/ч, порожний пробег вагонов вырос с 20 до 42 %, максимальная пропускная способность двухпутного участка находится на одном уровне – 120÷130 пар поездов в сутки. По оценке экспертов существующая транспортная инфраструктура уже с трудом справляется даже с сокращенными грузопотоками. В данный момент на 7000 км магистральных линий РЖД исчерпана провозная способность. К 2020 г. такая ситуация будет уже на 20000 км. Как показывает опыт железнодорожных перевозок, при достижении предельных значений по пропускной способности снижаются технико-экономические показатели, например, в настоящее время участковая скорость снизилась на 17 %. Современные перевозки железнодорожного транспорта начинают конкурировать с автомобильными на расстоянии свыше 2500 км.

### Анализ направлений развития транспортных систем и их энергетическая эффективность

В настоящее время у ряда специалистов сформировалась позиция, что система "колесо-рельс" исчерпала полностью свои резервы для дальнейшего повышения скорости движения и эффективности перевозок. Поэтому на повестку дня они ставят задачу строительства транспортной системы на магнитном подвешивании ("Маглев"), которая будет двигаться в тоннеле. Для снижения аэродинамического сопротивления движению планируется из тоннеля откачивать воздух. Противопоставить этой позиции можно достижения системы "автомобильное колесо - дорога", которая за последние 40 лет показала следующие выдающиеся результаты: рекордная скорость движения по поверхности высохшего соленого озера – 1500 км/ч, осевая нагрузка карьерных самосвалов – 250 т/ось, повышение конкурентной способности в сравнении с железнодорожным транспортом на расстояние с 300 до 2500 км. Если сравнить прочностные и динамические характеристики автомобильных и карьерных дорог, и поверхности соленого озера с рельсовой колеёй, то последняя имеет гораздо больше преимуществ.

Авторами разработана новая конструкция колесной пары, подробное описание которой представлено в работах [3 и 6]. Основными особенностями новой конструкции колесной пары это реализация независимого вращения всех поверхностей колес, контактирующих с головками рельсов, и подрессоренные бандажи.



Целью данной работы является обоснование энергетической эффективности новой конструкции колесной пары и сравнение её с другими транспортными системами.

Для обоснования энергетической эффективности транспортных систем приведём основные сведения об особенностях трения в точках контактов систем "колесо - опорная поверхность".

**Общие сведения по трению.** Все затраты энергии на перевозку грузов идут на преодоление различных видов трения в подвижных элементах узлов подвижного состава и во взаимодействии колес с опорной поверхностью и окружающей средой. Основной характеристикой любого вида трения является сила трения — сила сопротивления при относительном перемещении одного тела по поверхности другого под действием внешней силы.

В общем случае сила трения движения [1]

$$F = \frac{1}{\varepsilon} \cdot \frac{dA}{dt},$$

где  $\varepsilon$  — абсолютная скорость относительного перемещения взаимодействующих тел, м/с;

$dA/dt$  — мощность фрикционных потерь, связанных с механическими (деформирование, адгезионное), физическими (адсорбция, звуковые, электромагнитные и др.), химическими (хемосорбция, химическое модифицирование поверхностного слоя), диссипативными процессами ( $A$  — работа трения, т. е. диссипируемая энергия), кВт.

**Основные особенности качения колеса по рельсу** Согласно теории динамики, сила трения возникает как реакция между двумя контактирующими телами при действии на них внешних сил и равна произведению коэффициента трения на нормальное давление. Согласно теории кинематики, при качении колеса по рельсу с поступательной скоростью ( $V$ ) точка контакта колеса и рельса является мгновенным центром поворота колеса. Поэтому поверхность катания колеса имеет нулевую скорость перемещения относительно точки контакта на поверхности рельса. В этом случае в точке контакта действует реакция в виде суммы сил трения "покоя" ( $F_{II}$ ) и качения ( $T$ ).

**Общие сведения о трении качения** Согласно теории Рейнольдса [4], трение качения формируется за счет встречного микроскольжения материалов в плоскости

вращения колеса на противоположных концах площадки контакта "колесо-рельс", которая, согласно теории Герца, имеет форму эллипса. В центре площадки контакта действует трение "покоя" [4].

**Общие сведения о трении скольжения** Как известно, характеристика трения скольжения состоит из трех зон (рисунок 1): в первой зоне при отсутствии относительного движения между двумя телами ( $\varepsilon = 0$ ) коэффициент трения скольжения имеет постоянное значение — это трение "покоя" ( $f_{II}$ ); во второй зоне начинается относительное перемещение контактирующих тел и с ростом абсолютной скорости относительного скольжения ( $\varepsilon > 0$ ) коэффициент трения скольжения увеличивается от значения трения "покоя" ( $f_{II, \max}$ ) до максимального ( $f_{D, \max}$ ) — эта зона, так называемого "трения движения" ( $f_D$ ). Максимальное значение общего коэффициента трения ( $f_{C, \max}$ ) (критическая точка) равно сумме значений коэффициентов двух видов трения  $f_{C, \max} = f_{II, \max} + f_{D, \max}$ . Третья зона находится за критической точкой, основной особенностью которой является отрицательный наклон характеристики "трения движения".

Вторая особенность характеристики "трения движения": чем больше нагружены контактирующие поверхности, тем меньше значение коэффициента трения скольжения ( $f_{C, \max}$ ). При этом вершина характеристики смещается ближе к вертикальной оси (рисунке 1, кривые 1, 2 и 3, соответственно). Из трех кривых зависимостей коэффициентов трения скольжения для системы "колесо - рельс" с учетом степени их нагруженности наиболее соответствует кривая 3, которая и используется в представленной работе.

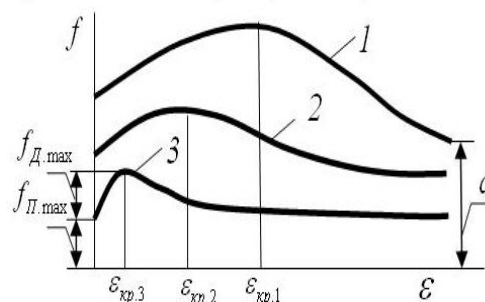


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения скольжения ( $f$ ) от абсолютной скорости скольжения ( $\varepsilon$ ) для трех уровней нагрузки. Линии: 1 — малой; 2 — средней и 3 — большой нагрузки [3]

**Особенности формирования сил трения в точке контакта системы "колесо – рельс" при воздействии внешних сил.** В зависимости от уровня воздействия внешних сил качение колеса может происходить со скольжением его по рельсу или без него. Трению качения колеса со скольжением (трение качения плюс "трение движения") в научных источниках по железнодорожному транспорту [2 и 6] присвоено название "трение крипа", а скорости скольжения – абсолютная скорость относительного проскальзывания ( $\varepsilon$ ). Второй параметр проскальзывания – это относительная скорость проскальзывания ( $\nu$ ): отношение абсолютной скорости относительного проскальзывания к скорости поступательного движения колесной пары, ( $\nu = \varepsilon^\Sigma / V$ ) · 100%. Относительная скорость имеет широкий интервал значений ( $\nu = 0,2 \div 10\%$ ).

Оценки энергетической эффективности систем "колесо - рельс" и "колесная пара – рельсовая колея" производились в области значений сил трения и абсолютной скорости проскальзывания, как параметров мощности энергии и реакций на воздействие внешних сил. На рисунках 2 а - г представлены векторные диаграммы результирующей силы трения проскальзывания колеса по рельсу ( $\bar{F}^\Sigma$ ) и её составляющих по соответствующим координатным направлениям  $\bar{F}^X$  и  $\bar{F}^Y$ , а на рисунках 2 д - з – абсолютные скорости проскальзывания колеса по рельсу,

соответственно  $\bar{\varepsilon}^\Sigma$ ,  $\bar{\varepsilon}^X$  и  $\bar{\varepsilon}^Y$ . Геометрические места предельных значений результирующих векторов показаны окружностями (рисунок 2 а – з): окружность с радиусом  $O_{ц1}$  – максимальные значения силы трения "покоя" ( $\bar{F}_{ц1.max}^\Sigma$ ); окружность с радиусом  $O_{ц2}$  – критические значения суммы трения "крипа" и "покоя" ( $\bar{F}_{к.макс}^\Sigma + \bar{F}_{ц1.max}^\Sigma$ ); окружность с радиусом  $O_{ц3}$  – критические значения векторов абсолютной скорости относительного проскальзывания колеса по рельсу ( $\bar{\varepsilon}_{кр}^\Sigma = \varepsilon_{кр.з}$ ).

Количество внешних сил и их сочетаний, действующих на систему "колесо – рельс", насчитывает несколько вариантов, исследования выполнены для одного из них – действие поперечной внешней силы  $P_{цб}^Y$  (центробежная сила). Для наглядной демонстрации продольные составляющие силы трения ( $\bar{F}^X(\varepsilon)$ ) и соответствующие им составляющие абсолютной скорости относительного проскальзывания ( $\bar{\varepsilon}^X$ ) на графиках представлены с одинаковыми значениями  $\bar{F}_1^X = \bar{F}_2^X = \bar{F}_3^X = const$  (рисунок 2 а – в) и  $\bar{\varepsilon}_2^X = \bar{\varepsilon}_3^X = const$  (рисунок 2 е – ж), соответственно.

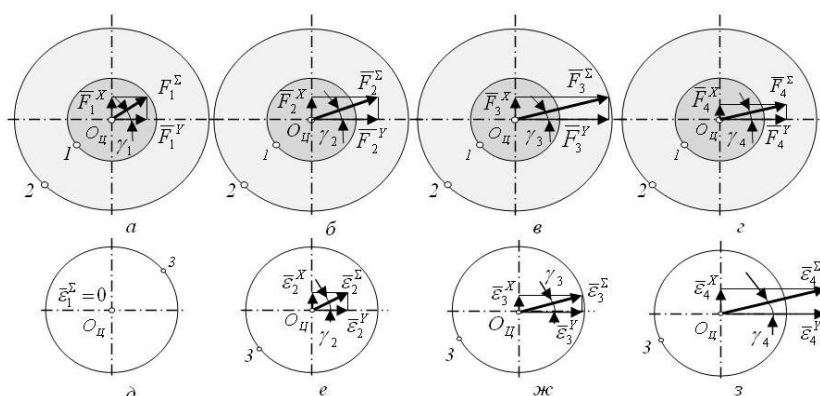


Рис. 2 а - г. Векторные диаграммы сил трения и абсолютных скоростей относительного скольжения в точке контакта колеса – рельс

Окружности:  $O_{ц1}$  – геометрическое место предельных значений результирующих векторов сил трения – трения «покоя» ( $\bar{F}_{ц1.max}^\Sigma$ );  $O_{ц2}$  – геометрическое место предельных значений суммы результирующих векторов сил трения "покоя" и "крипа" ( $\bar{F}_{ц1.max}^\Sigma + \bar{F}_{к.макс}^\Sigma$ );  $O_{ц3}$  – геометрическое место критических значений результирующих векторов абсолютной скорости скольжения ( $\bar{\varepsilon}_{кр}^\Sigma$ ) колеса по рельсу.

Продольная составляющая трения ( $\bar{F}^X(\varepsilon)$ ) является реакцией на действие тягового момента сил и совершает полезную работу – формирует продольную силу тяги колесной пары. Для понимания изложенного ниже анализа действия сил трения следует ещё раз обратить внимание на то, что окружности  $O_{ц1}$ ,  $O_{ц2}$  и  $O_{ц3}$  (рисунок 2 а - з) показывают предельные значения для результирующих векторов сил трения и абсолютной скорости относительного проскальзывания, а не их составляющих по координатным направлениям.

Рассмотрим четыре характерных уровня реакций сил трения в точке контакта колеса и рельса, которые формируются в процессе увеличения центробежной силы. На первом уровне на рисунке 2 а показана реакция трения в точке контакта на внешнее воздействие, когда результирующий вектор ( $\bar{F}_1^\Sigma$ ) находится внутри окружности  $O_{ц1}$  ( $\bar{F}_1^\Sigma \leq \bar{F}_{ц.макс}^\Sigma$ ). В этом случае в точке контакта действует только сила трения "покоя" ( $\bar{F}_{ц.1}^\Sigma$ ) и процесс качения колеса по рельсу реализуются без проскальзывания ( $\bar{\varepsilon}_1^\Sigma = 0$ ). Сила трения  $\bar{F}_1^\Sigma$  (сила сцепления) является удерживающей связью и система "колесо – рельс" относится к голономным системам.

На втором уровне с дальнейшим ростом внешнего воздействия и, соответственно, реакции на неё результирующий вектор трения выходит за периметр круга  $O_{ц1}$  (рисунок 2 б, вектор  $\bar{F}_2^\Sigma$ ). При таком соотношении ( $\bar{F}_2^\Sigma > \bar{F}_{ц.макс}^\Sigma$ ) процесс качения колеса сопровождается проскальзыванием (рис. 2 в, вектор  $\bar{\varepsilon}_2^\Sigma \neq 0$ ), которое формирует силу "крипа", а общее значение результирующей силы равно сумме сил трения  $\bar{F}_2^\Sigma(\varepsilon) = F_{ц.макс}^\Sigma + \bar{F}_{к.2}^\Sigma(\varepsilon)$ .

На третьем уровне с увеличением реакции поперечной составляющей до  $\bar{F}_3^Y(\varepsilon)$  происходит пропорциональный рост результирующего вектора до  $\bar{F}_3^\Sigma(\varepsilon)$  и, соответственно, скоростей проскальзывания до  $\bar{\varepsilon}_3^\Sigma$  и  $\bar{\varepsilon}_3^Y$ . Результирующая сила трения увеличивается за счет роста трения "крипа", а общее значение результирующей силы трения равно сумме сил  $\bar{F}_3^\Sigma(\varepsilon) = F_{ц.макс}^\Sigma + \bar{F}_{к.3}^\Sigma(\varepsilon)$ .

На четвертом уровне увеличения центробежной силы процесс трения в точке

контакта "колесо – рельс" переходит в третью зону характеристики трения. В этой зоне за счет отрицательного наклона характеристики трения происходит самопроизвольное снижение значения результирующей силы реакции  $\bar{F}_4^\Sigma < \bar{F}_{ц.макс}^\Sigma + \bar{F}_{к.макс}^\Sigma$  и, соответственно, её составляющих  $\bar{F}_4^X$  и  $\bar{F}_4^Y$ . Это автоматически приводит к неограниченному росту абсолютной скорости проскальзывания колеса по рельсу ( $\bar{\varepsilon}_4^\Sigma \gg \varepsilon_{кр}$  – буксование)

(рисунок 2 з), а составляющие скорости  $\bar{\varepsilon}_4^X$  и  $\bar{\varepsilon}_4^Y$  увеличиваются пропорционально соответствующим значениям  $\bar{F}_4^X$  и  $\bar{F}_4^Y$ . При движении колеса с проскальзыванием сила  $\bar{F}^\Sigma(\varepsilon)$  уже не является удерживающей связью и система "колесо – рельс" переходит в разряд неголономных систем.

При отсутствии центробежной силы вся сила трения в точке контакта (результирующий вектор  $\bar{F}^\Sigma(\varepsilon)$ ) может быть использована на формирование силы сцепления в продольном направлении. В этом случае значения коэффициента сцепления в режимах выбега, тяги и торможения находятся в интервале  $0,6 \div 0,8$  ед. и состоят из двух видов трения: трения "покоя" и трение проскальзывания. Первая фаза формирования силы сцепления – если сила тяги не превышает силу трения "покоя", то колесо движется без проскальзывания, и коэффициент сцепления составляет  $f_{ц} = 0,3 \div 0,4$  рисунок 1 [1 и 4]. Вторая фаза – с дальнейшим ростом момента силы тяги увеличивается проскальзывание, а с ним пропорционально и сила "крипа", коэффициент сцепления которого составляет  $f_{д} = 0,3 \div 0,4$ . Силы трения суммируются, а их общий коэффициент сцепления составляет  $0,6 \div 0,8$  ед. Во второй фазе колесо катится с проскальзыванием и с соответствующими оправданными затратами энергией, направленная на повышение сцепления.

*Силы трения в точках контактов "стандартная колесная пара – рельсовая колея".* Как известно, основной конструктивной особенностью стандартной колесной пары является жесткая посадка колес на общую ось и наличие конусности на поверхностях катания колес. Такая конструкция с рельсовой колеёй образует механическую систему замкнутого типа, в которой действует механизм извилистого движения колесной пары (режим

автоколебаний) в пределах ширины рельсовой колеи. Не вдаваясь в подробности динамики извилистого движения приведём простое описание этого процесса. Так, в режиме выбега в процессе извилистого движения колесной пары за счет конусности поверхностей катания колеса попеременно имеют больший или меньший диаметр кругов катания. При этом колесо с большим диаметром круга катания проскальзывает в режиме "тяги", а колесо с меньшим диаметром – в режиме "торможения". Моменты сил трения от проскальзывания колес действуют в противоположных направлениях и взаимно уравниваются через ось колесной пары. При таком разнонаправленном проскальзывании колес существенная часть энергии движения расходуется внутри системы "колесная пара – рельсовая колея", которая не совершает полезной работы, а идет на образование износа поверхностей катания колес и рельсов, и тепла, которое рассеивается в окружающей среде. Этот процесс проскальзыванием называется паразитным. В процессе паразитного проскальзывания результирующие векторы трения скольжения обоих колес ( $\vec{F}_2^\Sigma$ ) постоянно находятся за периметром окружности  $O_{ц1}$  (рисунок 2 б). Это указывает на то, что паразитное проскальзывание колес "съедает" всю часть энергии силы трения "покоя" и начальную часть силы трения скольжения – "крипа" ( $\vec{F}_2^\Sigma(\varepsilon) = F_{II, \max}^\Sigma + \vec{F}_{K,2}^\Sigma(\varepsilon)$ ). Кроме этого к дополнительному росту проскальзывания колес по рельсам вызывают действия внешних сил: центробежная сила и силы тяги или торможения (рисунок 2 е и ж). По определению центробежная сила ( $P_{цб}^\Sigma$ ) пропорциональна квадрату скорости поступательного движения ( $V^2$ ) и обратно пропорциональна радиусу кривизны ( $R_{из}$ ) криволинейной траектории. Такая же зависимость будет и для дополнительного прироста значения силы "крипа".

Поперечные перемещения колесной пары ограничивают рельсовые нити, поэтому амплитуды извилистой траектории зависят от значения ширины рельсовой колеи. Длина волны извилистой траектории зависит от значения конусности поверхности катания колес [2]. На рисунке 3а показаны зависимости значений центробежной силы от скорости поступательного движения для нескольких значений конусности

поверхностей катания колес, а на рисунке 3б – значений ширины рельсовой колеи. На графиках (рисунок 3а и 3б) видно, что центробежная сила тем меньше, чем уже рельсовая колея и меньше конусность поверхности катания колес. На высокоскоростных магистралях ширина рельсовой колеи равна 1512 мм, а конусность поверхности катания колес – 1:25. Потери энергии на трение проскальзывания в точках контактов стандартной колесной пары и рельсовых нитей состоят из суммы энергии потерь на паразитное проскальзывание колес за счет извилистого движения и проскальзывание под действием центробежной силы.

В режиме тяги на малых скоростях движения при отсутствии центробежной силы сила сцепления стандартной колесной пары формируется только той частью силы трения "крипа", которую не "съедает" паразитное проскальзывание колес. В этом случае значение коэффициента трения-сцепления находится в интервале  $0,3 \div 0,4$  ед. [1 и 4]. С ростом скорости движения увеличивается центробежная сила, которая дополнительно "съедает" силу трения - сцепления и коэффициент сцепления снижается до  $0,06 \div 0,1$ .

*Силы трения в точках контактов "новая конструкция колесной пары – рельсовая колея"* В новой конструкции колесной пары за счет реализации независимого вращения колес и цилиндрической формы поверхностей катания [3, 6 -8] отсутствует механизм извилистого движения и, соответственно, паразитное проскальзывание колес по рельсам. В этом случае в точке контакта "колесо – рельс" действует трение "покоя" и качения. Траектория движения новой конструкции колесной пары зависит от относительного положения колесных пар в тележке. Если в двухосной тележке колесные пары параллельны, то траектория движения будет прямолинейная, в противном случае – криволинейная в виде дуги окружности.

При движении по криволинейной траектории на новую конструкцию колесной пары действует центробежная сила ( $P_{цб}^\Sigma$ ). Если  $P_{цб}^\Sigma < 2 \cdot F_{II, \max}^\Sigma$ , то результирующие векторы трения обоих колес находятся внутри круга  $O_{к1}$  (рис. 2 а), а в точках контактов отсутствует проскальзывание колес (рисунок 2 д,  $\vec{\varepsilon}^\Sigma = 0$ ). В этом случае реакции в точках контактов формируются только силами трения "покоя" при отсутствии потерь энергии

на трение. Если центробежная сила больше, чем сила трения "покоя" ( $P_{цб}^{\Sigma} \geq 2 \cdot F_{П.макс}$ ), то процесс выходит во вторую зону характеристики трения (рисунок 2 б, векторы  $\vec{F}_2^{\Sigma}$ ,  $\vec{F}_3^{\Sigma}$ ). В этой зоне трение качения колес по рельсам уже сопровождается проскальзыванием (рисунок 2 е и ж, векторы  $\vec{\varepsilon}_2^{\Sigma} > 0$ ,  $\vec{\varepsilon}_3^{\Sigma} > 0$ ) с соответствующими затратами энергии движения на трение скольжения.

При допустимой разности баз по противоположным сторонам двуслойной тележки (до 2 мм) радиус кривизны собственной криволинейной траектории новой конструкции колесной пары составляет  $R_H=2000$  м. При таком значении радиуса кривизны, как показывают результаты расчетов, центробежная сила преодолевает силу трения "покоя" на скорости движения 200 км/ч. Таким образом, сила трения в точке контакта колесной пары новой конструкции имеет две стадии формирования. Первая стадия – в интервале скоростей движения до

200 км/ч действуют силы трения качения и "покоя" без проскальзывания и отсутствия соответствующих затрат энергии на преодоление сопротивления движению. Значения коэффициента трения-сцепления находятся в интервале  $0,3 \div 0,4$  ед.

Вторая стадия, – при скорости движения свыше 200 км/ч сила трения - сцепление формируется суммой сил трения "покоя" и "крипа", но уже с проскальзыванием колес и соответствующим полезным расходом энергии движения на формирование сцепления, значение которого увеличивается до интервала  $0,6 \div 0,8$  ед. В новой конструкции колесной пары отсутствует механизм извилистого движения и траектория движения имеет меньшую кривизну, чем у стандартной колесной пары, поэтому, соответственно, и ниже уровень центробежной силы. Следовательно, и степень зависимости коэффициента сцепления от скорости движения намного меньше, чем у стандартной колесной пары.

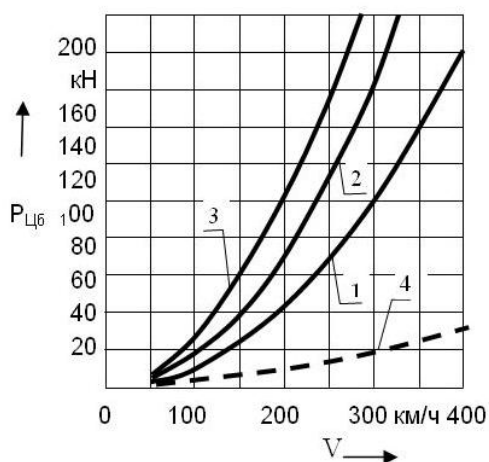


Рис. 3 а. Зависимость центробежной силы от скорости поступательного движения и конусности поверхности катания бандажа при ширине рельсовой колеи, равной 1512 мм. Линии: 1 конусность – 1:25; 2 – 1:20 и 3 – 1:10; 4 – новая конструкция колесной пары при  $R_H=2000$  м

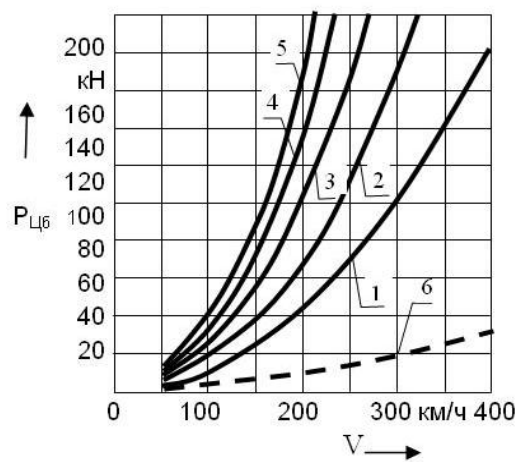


Рис. 3 б. Зависимость центробежной силы от скорости поступательного движения и ширины рельсовой колеи при конусности поверхности катания, равной 1:25. Линии: 1 ширина рельсовой колеи – 1512 мм; 2 – 1516 мм; 3 – 1520 мм; 4 – 1524 мм; 5 – 1528 мм; 6 – новая конструкция колесной пары при  $R_H=2000$  м

*Оценка энергетической эффективности транспортных систем* Сравнительная оценка удельных затрат энергии на транспортировку груза Q (расход одного кВт энергии на перемещение груза весом в одну тонну на один километр, кВт/т·км) выполнена для следующих пяти транспортных систем: железнодорожный транспорт со стандартной и новой конструкциями колесных пар,

система на магнитном подвешивании (типа "Маглев") и автомобильный транспорт.

При расчете удельных потерь энергии (Q) приняты ряд общих упрощений одинаковых для всех видов транспортных средств. Не учитывались следующие факторы: неровности на опорных поверхностях, колебания верхнего строения экипажа и пути, контактная жесткость в точке контакта колеса

и рельса, скольжение гребней по боковой поверхности головок рельсов. Поперечные профили поверхностей катания имеют номинальный неизношенный профиль.

В расчетных оценках удельных потерь энергии для рельсового транспорта из общего сопротивления движению учитывались следующие усредненные составляющие: трение качения и паразитное скольжение колес по рельсам в режиме выбега в прямом участке пути, сопротивление от прогиба рельсов, сопротивление в буксовых подшипниках и аэродинамическое сопротивление. Для магнитного подвешивания ("Маглев") – затраты энергии на поддержание подвижного состава на весу (1 кВт/т) и аэродинамическое сопротивление. Для автомобильного транспорта затраты энергии на преодоление сопротивления движению были получены через коэффициент расхода удельной энергии относительно рельсового транспорта со стандартными колесными парами, который равен 1:10. Расчет аэродинамического сопротивления для всех видов транспорта, которое пропорционально квадрату скорости движения ( $V^2$ ), производился по единой методике с одинаковыми значениями параметров миделевого сечения. Для железнодорожного транспорта в виду значительной длины поезда дополнительно учитывалось аэродинамическое трение боковых стенок кузовов. Остальные составляющие общего сопротивления не учитывались в виду их малости в сравнении с перечисленными.

Результаты расчетов удельных энергетических затрат ( $Q$ ) по видам транспорта приведены на рисунке 4. Для системы "Маглев" (рисунок 4, кривая 1) минимальный расход удельной энергии имеет место в диапазоне скоростей 100 – 200 км/ч. На низких скоростях движения увеличенный расход обусловлен затратами энергии на поддержание транспортного средства на весу, а на высоких скоростях движения – увеличением аэродинамического сопротивления.

На высоких скоростях для стандартной колесной пары сопротивление от движения по извилистой траектории сопоставимо или превышает аэродинамическое и существенно зависит от значений ширины рельсовой колеи и конусности поверхности катания бандажа (рисунок 4, зона 7). Следует отметить, что для подвижного состава со стандартной колесной парой за последние 40 лет общее

удельное сопротивление движению увеличилось с 2,2 до 6 – 8 Н/кН. Это обусловлено зауживанием ширины рельсовой колеи с 1524 до 1520 мм, повышением осевой нагрузки (с 22 до 23-25 т) и веса поезда (максимальный вес поезда до 12000 т).

Среди транспортных систем существенно меньшие затраты энергии во всем диапазоне скоростей движения имеет железнодорожный подвижной состав с новой конструкцией колесной пары (рисунок 4, зона 4). На высоких скоростях (свыше 100 км/ч) для всех видов транспортных систем, кроме подвижного состава со стандартными колесами, аэродинамическое сопротивление преобладает над остальными составляющими общего сопротивления движению.

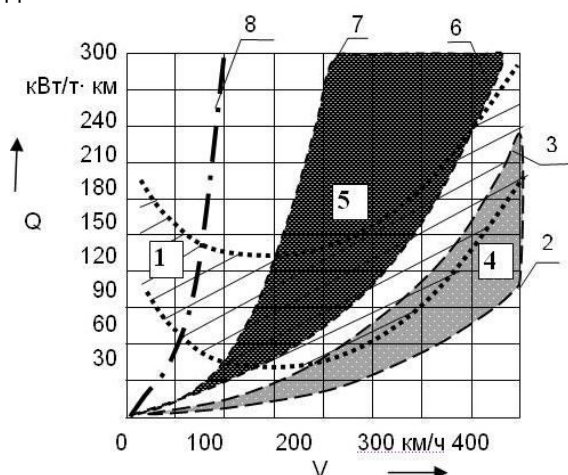


Рис. 4. Зависимости удельных затрат энергии на перевозку одной тонны массы груза от скорости движения:

Транспортная система "Маглев": 1 – зона для диапазона значений затрат энергии (1 ÷ 3 кВт/т) для удержания одной тонны массы на весу;

Новая конструкция колесной пары: 4 – зона для значений непараллельности колесных пар – 0 ÷ 2 мм. Линии: 2 – при непараллельности колесных пар – 0 мм и 3 – 2,0 мм.

Стандартная колесная пара: 5 – зона для значений ширины колеи 1512 – 1516 мм. Линии: 6 – при ширине рельсовой колеи – 1512 мм и 7 – 1516 мм. Линия: 8 – автомобильный транспорт

Для полноты общей картины экономической эффективности приведены данные по капитальным вложениям в строительство транспортных систем. Представленные на рисунке 5 данные стоимости строительства путей сообщений относятся к странам с теплым умеренным климатом. Если экстраполировать эти расходы в условия РФ, то, как показывает опыт строительства подобных сооружений, они будут в два – три раза выше и находятся

в диапазоне 50 - 100 млн. евро за один километр. Это объективно и обусловлено климатическими и географическими факторами: значительными по протяженности болотистыми, вечномёрзлыми и горными

местностями, широким диапазоном межсезонной температуры (100 °С), а в зимний период большой глубиной промерзания грунта (2 – 3 м).

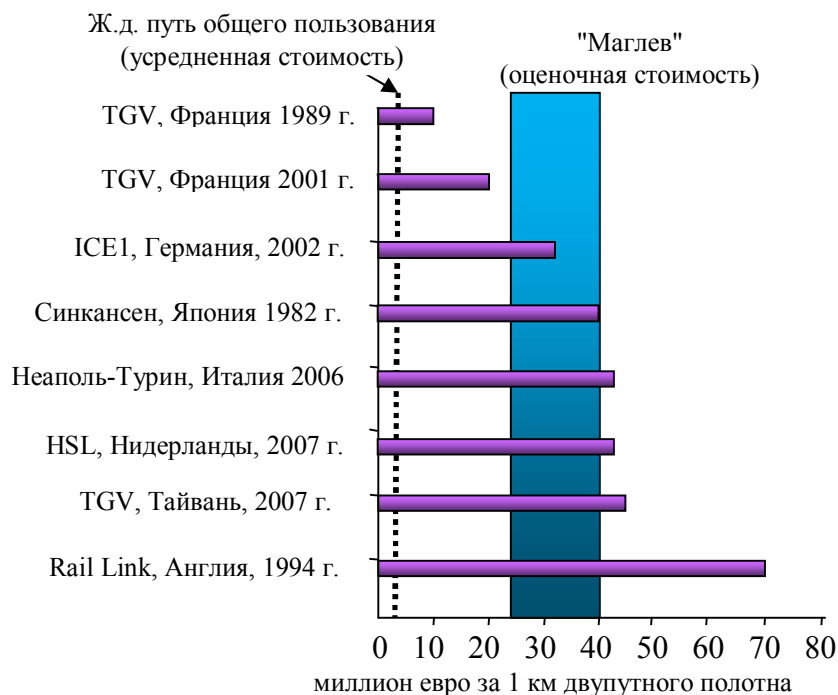


Рис. 5. Стоимость капитального строительства ж.д. пути общего пользования, ВСМ и "Маглев" [5]

### Заключение

1) Во всем диапазоне скоростей движения у подвижного состава с новой конструкцией колесной пары самые низкие удельные расходы энергии на перевозку грузов.

2) Подвижной состав с новой конструкцией колесной пары, как по капитальным вложениям, эксплуатационным расходам, так и срокам внедрения, значительно эффективнее (срок окупаемости 3,5 года) в сравнении с другими видами транспортных средств (срок окупаемости 20,5 и более лет).

3) Строительство линии "Маглев" требует значительных капитальных вложений и эксплуатационных расходов. С учетом климатических условий и географических масштабов РФ в ближайшем будущем этот проект экономически не оправдан.

4) Внедрение новой конструкции колесной пары значительно повысит технико-экономическую целесообразность строительства ВСМ.

5) Предложенная конструкция колесной пары является первоначальным базовым вариантом для создания следующего

поколения высокоэффективных конструкций колесных пар и подвижного состава.

### Библиографический список

1. Физические величины: Справочник / А. П. Бабичев, Н. А. Бабушкина, А. М. Братковский и др.; Под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мелихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
2. Обобщение передового опыта тяжеловесного движения: вопросы взаимодействия колеса и рельса: Пер. с англ./ У. Дж. Харрис, С. М. Захаров, Дж. Ландгрэн, Х. Турне, В. Эберсен. М.: Интекст, 2002. - 408 с.
3. Пат. 2207250 РФ, МКИ 7 В 60 В 9/12. Колесо рельсового транспортного средства. / А. Н. Головаш, П. Н. Рубежанский, А. В. Шилер, В. В. Шилер. РЖД – 2000125462; заявл. 9.06.2000; опубл. 09.10.2003, Бюл. № 18.
4. «Машиностроение», Энциклопедический справочник, т. 1, кн. 2. - М.: Машгиз, 1947. - 456 с.
5. Гурьев, А. Дорога на магнитном подвесе: второе дыхание в России? / А. Гурьев // «РЖД-Партнер» . – 2009. - № 19 (167). – С 54-58.
6. Шилер, В. В. Новая конструкция колесной пары для рельсового транспорта / В. В. Шилер, А. В. Шилер // Техника железных дорог. – 2012 – №4 (20) – С. 64 – 73.

7. Крагельский, И. В. Фрикционные автоколебания / И. В. Крагельский, Н. В. Гиттис. - М.: Наука, 1987. - 171 с.

8. Исаев, И. П. Проблемы сцепления колес локомотива с рельсами / И. П. Исаев, Ю. Лужнов М. - М.: Машиностроение, 1985. - 240 с.

### ENERGY EFFICIENCY OF A NEW CONSTRUCTION OF A WHEEL PAIR

V. V. Shiler, A. V. Shiler, K. S. Fadeev

**Abstract.** The paper presents perspective directions for development of transport systems. The analysis of the peculiarities of resistance's formation to movement of transport systems. There is presented a bearing scheme of peculiarities of forming resistance to rolling of wheel pair on rails under the action of centrifugal force in the process of nonlinear motion. The method of calculation of the specific energy consumption spent on movement of cargos, depending on the speed of movement. A comparative evaluation of the energy efficiency of transport systems including wheel pair of a new construction.

**Keywords:** energy efficiency, vehicles, friction, wheel pair and resistance to movement.

### References

1. *Fizicheskie velichiny: spravochnik*. [Physical magnitudes: Reference book]. Babichev A.P., Babushkina N.A., Bratkovskij A.M. Moscow. Energoatomizdat, 1991, 1232 p.

2. *Obobshhenie peredovogo opyta tyazhelovesnogo dvizheniya: voprosy vzaimodejstviya koleasa i relsa*: per. s angl. [Generalization of advanced experience of a heavily-loaded movement: questions of interaction between a wheel and rail]. U. Dzh. Xarris, S. M. Zaxarov, Dzh. Landgren, X. Turne, V. Ebersen. Moscow, intekst, 2002, 408 p.

3. Golovash A. N., Rubezhanskij P. N. Shiler A. V., Shiler V. V. Koleso relsovogo transportnogo sredstva [Wheel of a rail vehicle]. Patent RF, no2207250, 2003.

4. *Mashinostroenie. Enciklopedicheskij spravochnik* [Mechanical engineering, Encyclopaedic reference book]. 1947, t. 1, kn. 2, Moscow, Mashgiz, 456 p.

5. Gurev A. Doroga na magnitnom podvese: vtoroe dyxanie v rossii? [The road on magnetic

suspension: the second breath in Russia?]. *RZHD-partner*, 2009, no. 19 (167), pp. 54-58.

6. Shiler V. V., Shiler A. V. Novaya konstrukciya kolesnoj pary dlya relsovogo transporta [New construction of wheel pair for rail transport]. *Tekhnika zheleznyx dorog*, 2012, no 4 (20), pp. 64 – 73.

7. Kragel'skij I. V., Gittis N. V. Frikcionnye avtokolebanija [Frictional autooscillations]. Moscow, Nauka, 1987. 171 p.

8. Isaev I. P., Luzhnov Ju. M. Problemy scepnenija koles lokomotiva s rel'sami [Problems of adhesion of locomotive's wheels with rails]. Moscow, Mashinostroenie, 1985, 240 p.

*Шилер Валерий Викторович (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «ЭПС» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС). (644046, Россия, г. Омск, пр. Маркса, 35, е - mail: shiler\_val@inbox.ru).*

*Шилер Александр Валерьевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «АиСУ» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС). (644046, Россия, г. Омск, пр. Маркса, 35, е - mail: shiler\_alex@inbox.ru).*

*Фадеев Константин Сергеевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «ИСИБ» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС). (644046, Россия, г. Омск, пр. Маркса, 35, е - mail: fadeev\_spi@mail.ru).*

*Shiler V. V. (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, assistant professor, Omsk state transport University (OMGUS). (644046, Omsk, Marksa, 35, e - mail: shiler\_val@inbox.ru).*

*Shiler A. V. (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, assistant professor, Omsk state transport University (OMGUS). (644046, Omsk, Marksa, 35, e - mail: shiler\_alex@inbox.ru).*

*Fadeev K. S. (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, assistant professor, Omsk state transport University (OMGUS). (644046, Omsk, Marksa, 35, e - mail: fadeev\_spi@mail.ru).*



УДК 621.81

## ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ХОДОВОЙ ЧАСТИ МНОГОЦЕЛЕВЫХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН КОМБИНИРОВАННЫМИ МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

В. Р. Эдигаров, В. В. Малый

Омский автобронетанковый инженерный институт филиал военной академии материально-технического обеспечения, Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье приведен анализ условий работы и причин выхода из строя основных деталей ходовой части многоцелевых гусеничных машин (МГМ), обоснована возможность применения комбинированной электромеханической обработки, ее разновидности фрикционно-электрического модифицирования (ФЭМ) для повышения работоспособности и износостойкости рабочих поверхностей этих деталей. Приведены зависимости экспериментальных исследований процесса износа стандартной втулки балансира МГМ и втулки узла с модифицированным балансиром, которые позволили сформулировать обоснованные выводы эффективности применения комбинированной фрикционно-электрической обработки с использованием поверхностно-активных модификаторов.

**Ключевые слова:** электромеханическая обработка, фрикционно-электрическое модифицирование, износ, работоспособность, многоцелевые гусеничные машины.

### Введение

В процессе эксплуатации МГМ ходовая часть испытывает значительные динамические нагрузки, в результате чего элементы ходовой части (рисунок 1) в большей степени в сравнении с другими узлами, подвержены выходу из строя, причем зачастую до наступления предельной наработки объекта в целом. Например, при отказе или значительном нарушении технического состояния хотя бы одной подвески возникает перенагруженность оставшихся исправных подвесок. В этом случае ходовая часть может продолжать выполнение своих функций, однако в целом объект техники теряет определенную часть подвижности и запаса хода. Наиболее сильное влияние на техническое состояние подвесок ходовой части оказывает, величина угла завала опорного катка относительно корпуса объекта, которая фактически зависит от степени износа, в сопряжении «ось балансира - втулка оси балансира». Величина износа втулок балансира оказывает кроме того большое влияние на техническое состояние корпуса, в частности сваренных в него кронштейнов, опорных и поддерживающих катков, ведущего и направляющего колес, элементов гусеницы. Активный износ втулок-соединений оказывает и существенное влияние на износ сегментов ведущего колеса. Если происходит увеличение шага гусениц при

прогрессирующем износе внутренних поверхностей втулок, то возникают нарушения в режимах зацепления гусениц и ведущего колеса, износ же ведущего колеса приводит к увеличению зазора при зацеплении. В результате необходимо отметить некоторые особенности характерные для эксплуатации деталей ходовой части МГМ: износ ряда деталей, оказывает значительное влияние на другие сопряженные с ними детали ходовой части, и в случае активного развития износа может возникнуть необходимость замены этих деталей, возможно далеко, до истечения их срока службы.

Необходимо выделить отдельные детали и узлы, износ которых в наибольшей степени влияет на долговечность ходовой части (рисунок 1): ведущее колесо с зубчатым венцом; траки; опорные и поддерживающие катки; направляющее колесо; узел балансира; соединительные узлы (штифты, втулки-соединители, скобы, пальцы траков гусениц) и другие. Износ ответственных деталей прогрессирует по мере эксплуатации МГМ и в основном происходит вследствие контакта трущихся деталей с абразивными частицами, попадающими в смазочные материалы из окружающей среды. Каждая деталь ходовой части для увеличения ее срока службы требует качественного и зачастую дорогостоящего обслуживания, в зависимости от активности эксплуатации МГМ и

взаимодействия с окружающей средой. С целью увеличения сроков эксплуатации деталей и узлов ходовой части необходимо выполнение следующих условий:

- снижение контакта с агрессивными источниками воздействия на детали МГМ;
- совершенствование, изменение конструкции деталей узлов ходовой части;
- изготовление деталей ходовой части из более износостойкого материала;
- совершенствование технологии изготовления деталей ходовой части и (или) технологий упрочнения (модифицирования) их поверхностей;

-общее повышение износостойкости и работоспособности деталей МГМ другими известными способами.

Классическим примером повышения работоспособности деталей ходовой части МГМ являются увеличение диаметра используемых в ходовой части втулок или части втулок и других деталей, т.е. совершенствованием их конструкции, как правило посредством, увеличением геометрических размеров; увеличение глубины закаленного поверхностного слоя и повышение прочности, как объемной так и поверхностной.

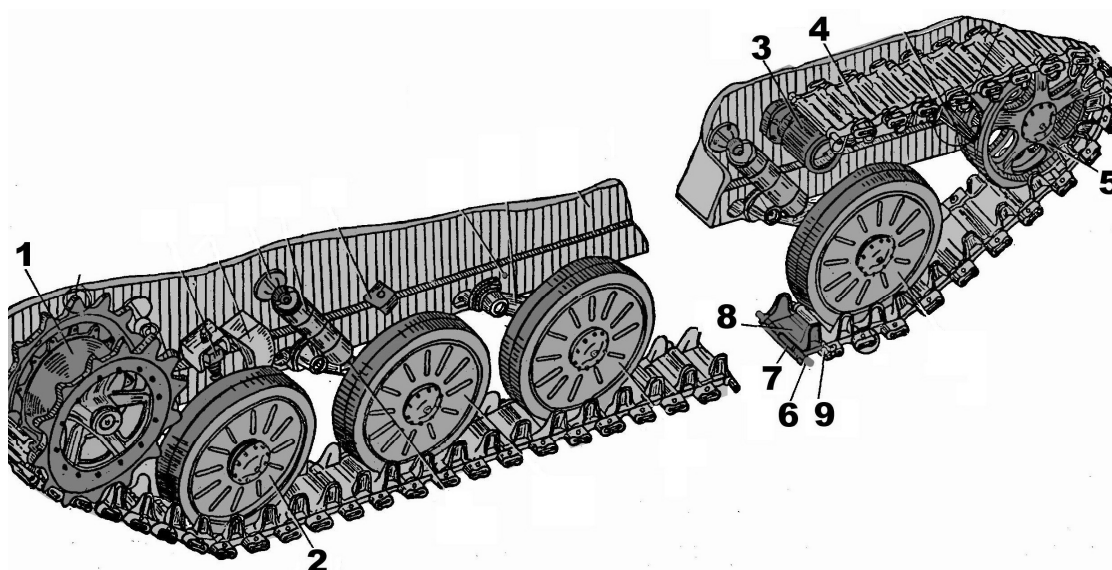


Рис. 1. Основные элементы ходовой части МГМ:

- 1 – ведущее колесо с зубчатым венцом, 2 – опорный каток, 3 – поддерживающий каток, 4 – гусеничная лента, 5 – направляющее колесо, 6 – палец, 7 – шарнир, 8 – трак, 9 – скоба

Анализ эксплуатации МГМ показывает, что для деталей ходовой части наиболее характерны два основных типа износа, вследствие которых происходит выход из строя детали, узла или ходовой части в целом: износ, возникающий в результате воздействия на детали ударных, зачастую знакопеременных, нагрузок во время работы, например, воздействие многочисленных камней на ответственные элементы деталей ходовой части, удары и пробои подвески при движении на высоких скоростях по пересеченной, каменистой местности, с возможным последующим разрушением некоторых ее элементов, хотя, как правило, дело сводится к возникновению дефектов на поверхностях деталей. Для противодействия такому износу необходимо обеспечивать высокую поверхностную прочность деталей.

Износ, возникающий при действии значительных нагрузок в трибосопряжениях, и при этом в зазоры между деталями образующими трибосопряжение или в смазочный материал попадают частицы песка или другого мелкого абразивного материала. Данный вид износа происходит на протяжении длительного времени и зачастую незаметно. Для противодействия такому износу требуются увеличение глубины упрочненного поверхностного слоя и при этом достаточно высокая поверхностная твердость.

Подбор соответствующих материалов для изготовления деталей МГМ образующих трибоузлы и трибосопряжения, а также эффективная термическая обработка могут достаточно эффективно противодействовать указанным типам износа.

Анализ технических требований на дефектацию и ремонт основных сборочных единиц и деталей ходовой части наиболее распространенных многоцелевых гусеничных машин показал, что для примерно 22 % деталей не предусмотрен ремонт в местах размещения, базирования или расположения неисправной техники силами и средствами эксплуатирующих подразделений (предприятий), подвижных ремонтных или ремонтно-восстановительных органов, а также бригадами ремонтных предприятий и (или) предприятий промышленности с выездом к месту поломки МГМ, т.е. в «полевых» условия, а примерно для 65 % деталей ремонт не предусмотрен вообще, т.е. предусмотрена только замена неисправной детали. Это влечет за собой необходимость иметь определенные запасы деталей для обеспечения требуемого коэффициента технической готовности, что создает определенные трудности с транспортировкой, размещением, хранением и использованием этих запасов, а также ведет к повышению стоимости эксплуатации и ремонта МГМ.

**Обоснование применения комбинированной электромеханической обработки для деталей ходовой части МГМ**

Проведенный анализ основных групп деталей входящих в состав ходовой части основных МГМ по характеру поверхностей наиболее подверженных износу и деформации в процессе эксплуатации, т.е. по состоянию которых осуществляется принятие решения о необходимости ремонта или замены детали, показал, что основная масса деталей имеет в качестве основных поверхностей - цилиндрические поверхности, при этом внутренние поверхности составляют 23 % из всех деталей, наружные 37 %, при этом достаточно много деталей имеют резьбы – примерно 30 %, а шлицы и зубья имеют примерно 10 % деталей. Многие детали имеют комплексный характер поверхности, т.е. имеют и внутренние и наружные цилиндрические поверхности, а также резьбы, зубья и шлицы. Характер обрабатываемых поверхностей предполагает наличие тех или иных средств технологического оснащения, что важно, особенно в случае осуществления ремонта силами и средствами эксплуатирующих подразделений (предприятий), подвижных ремонтных или ремонтно-восстановительных органов, а также бригадами ремонтных предприятий и (или) предприятий промышленности с выездом к месту поломки МГМ.

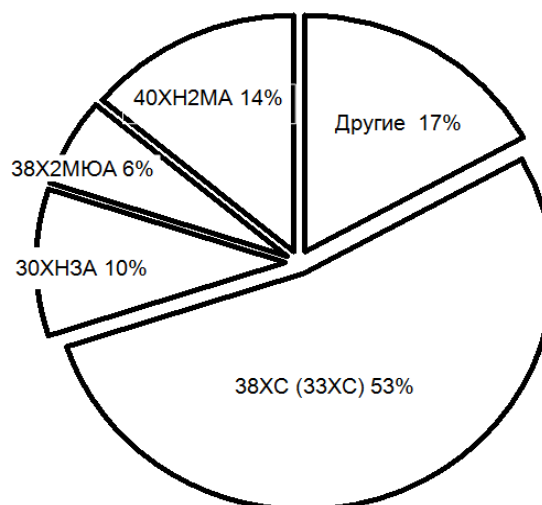


Рис. 2. Основные марки сталей применяемые для изготовления деталей ходовой части МГМ

Анализ деталей этих же групп по материалам из которых они изготавливаются, показал: что более 53 % деталей ходовой части изготавливаются из стали 38ХС (33ХС), примерно 14 % деталей из стали 40ХН2МА, около 10 % из стали 30ХН3А остальные детали изготавливаются из сталей представленных на рисунке 2: сталь 20, сталь 45, 35ХНЛ, 38Х2МЮА, ШХ15, 60С2, 30Л, 45ХН2МФА. Стали используемые для изготовления деталей ходовой части МГМ имеют высокую прочность, умеренную вязкость, и, в основном, предназначены для изготовления деталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, упругости и износостойкости.

Для того чтобы производительно и эффективно применять упрочняющую обработку поверхностных слоев деталей ходовой части МГМ необходимо, зная с достаточной степенью точности величину предельного износа детали и действительную износостойкость ее поверхностей, а также осуществить анализ возможности применения данного метода обработки для конкретных деталей.

Допустимые значения износов сопряжений для МГМ определены в специальной литературе (например, в технических условиях на дефектацию и ремонт образца МГМ). Глубину упрочненного слоя можно считать равной  $\delta' = (1,3...1,5) \delta_1$ , где  $\delta_1$  – допустимый износ вала на одну сторону [1]:

$$\sigma_1 = \frac{S_{\max} - S_{\text{нач}}}{2(\varepsilon + 1)}, \quad (1)$$

где  $S_{\max}$  – максимально допустимый зазор в трибосопряжении;  $S_{\text{нач}}$  – начальный зазор в

сопряжении;  $\varepsilon$  – отношение величины износа охватывающей детали к величине износа шейки вала.

Анализ технических требований на дефектацию и ремонт основных сборочных единиц и деталей ходовой части многоцелевых гусеничных машин показал:

детали, имеющие в процессе эксплуатации величину допустимого износа менее 0,1 мм составляют в общей массе исследуемых деталей примерно 14 %, детали имеющие износ от 0,1 до 0,3 мм составляют более 43 %, износ от 0,3 до 1,0 мм около 22 % и износ от 1,0 до 2,5 мм примерно 21 %.

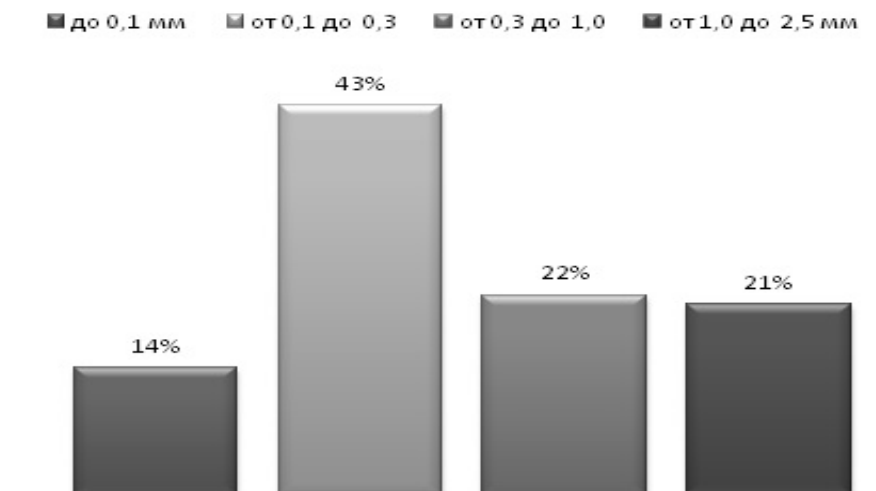


Рис. 3. Распределение предельных износов деталей ходовой части МГМ

В последние годы разработано большое количество различных технологических методов повышения износостойкости деталей узлов трения. Большинство методов являются, по сути, методами поверхностного упрочнения путем модифицирования структуры поверхностного слоя материала. Анализ технологических методов обработки поверхностей деталей машин показывает, что универсальных методов нет, каждый имеет свою конкретную область рационального применения, зачастую достаточно узкую. Технолог и конструктор стоят перед проблемой выбора высокоэффективного метода обработки из большого числа возможных или создания на основе их совмещения комбинированного метода обработки детали. На предприятиях машиностроения все шире применяются комбинированные методы термомеханической, электрофизической, электрохимической и ионно-лучевой обработки, в основу которых положено использование высокопроизводительных инструментов, а также разнообразных источников высококонцентрированной энергии. В процессе такой обработки поверхностный слой детали поглощает в короткое время значительное количество энергии. Образующиеся в нем неравновесные диссипативные структуры аккумулируют избыток энергии и самопроизвольно стремятся к состоянию с

наименьшей свободной энергией. В поверхностном слое происходят необратимые процессы наследственности и самоорганизации, которые путем наложения и совместных действий потоков энергии ведут к образованию комплекса структур с определенными свойствами.

Большими потенциальными возможностями улучшения эксплуатационных свойств поверхностей деталей машин обладает электромеханическая обработка (ЭМО) и различные комбинированные методы на ее основе [1,2,3,4,5], ЭМО является особым способом контактной обработки поверхностей высококонцентрированным источником электрической энергии, объединяющим в единой технологической схеме силовое и термическое воздействие инструмента на деталь, что позволяет формировать уникальные свойства поверхностного слоя деталей. Основными особенностями различных видов ЭМО является: наличие нескольких источников теплоты, основные из которых электрический ток и трение, локальный нагрев зоны обработки, сопровождающийся действием значительных давлений, кратковременный термический цикл обработки, достаточно высокая скорость охлаждения, а также влияние других технологических факторов.

Для деталей, не испытывающих дополнительных нагрузок и работающих в условиях хорошей смазки, трущиесяся

поверхности которых имеют малый износ основным условием электромеханической обработки является создание поверхностного слоя с незначительной глубиной, но низким параметром шероховатости и при этом имеют высокую производительность процесса упрочнения.

Большинство деталей ходовой части МГМ, как было отмечено ранее, работают в тяжелых условиях при больших знакопеременных нагрузках, при слабой смазке, а зачастую и ее полном отсутствии соответственно с помощью ЭМО необходимо обеспечить создание упрочненного поверхностного слоя большой глубины и высокой твердости.

Электромеханической обработке можно подвергать как мелкие, так и крупные детали. Во всех случаях необходимо исходить из величины площади контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью. При этом плотность тока должна находиться в пределах 200...260 А/мм<sup>2</sup> для отделочно-упрочняющих режимов обработки с малой глубиной упрочнения от 0,02 до 0,035 мм, 270...370 А/мм<sup>2</sup> для отделочно-упрочняющих режимов обработки с средней глубиной упрочнения от 0,04 до 0,1 мм, 380...600 А/мм<sup>2</sup> для жестких режимов упрочнения позволяющих получить глубину упрочненного слоя до 0,35 мм и более 600 А/мм<sup>2</sup> для особо жестких режимов упрочнения с глубиной упрочнения до 1 мм и получением достаточно толстого белого слоя.

Таким образом, можно сделать вывод, что для большинства деталей ходовой части МГМ имеется возможность применения для упрочнения и повышения износостойкости их поверхностных слоев комбинированных способов электромеханической обработки.

С целью проверки эффективности практического применения комбинированных способов электромеханической обработки для модифицирования поверхностных слоев деталей ходовой части МГМ были обработаны рабочие поверхности балансиров фрикционно-электрическим методом (ФЭМ). Комбинированная фрикционно-электрическая обработка с использованием поверхностно-активных модификаторов (ФЭМ) [2,3], включает высокоэнергетическое воздействие

через промежуточную среду - модификатор, на исходную структуру поверхностного слоя, с целью сформировать заданные физико-механические свойства с высокими триботехническими характеристиками. Данный метод является развитием метода ЭМО. В качестве модификатора используется смесь мелкодисперсных порошков различных твердых смазок с поверхностно-активным веществом. В качестве твердых смазок используются порошки: скрытокристаллического графита (СКГ), дисульфида молибдена, меди, оловянисто-свинцовой бронзы, их смеси и др.

Испытания подшипникового узла, в котором поверхности трения балансира обработаны методом фрикционно-электрического модифицирования (ФЭМ), проводили с целью проверки работоспособности, оценки износостойкости и прогнозирования ресурса подшипникового узла.

В состав объекта испытаний входили: балансир, бронзовые втулки, которые образуют во взаимодействии подшипник скольжения, работающий при возвратно-вращательном движении. Для испытаний на специально созданной установке (рисунок 4) были подготовлены втулки балансира и балансиры, поверхности балансира обработаны методом ФЭМ с модификатором СКГ, как показавший наилучшие результаты на предварительном этапе исследований. На корпусах втулок и балансиров были нанесены порядковые номера. Внутренний диаметр втулок и наружный диаметр оси балансира были измерены, перед установкой.

Критерием работоспособности подшипника скольжения узла балансира был принят предельно допустимый износ втулок балансира в ускоренных испытаниях (1,2 - 1,5 мм).

Износ подшипника скольжения узла балансира, работающего в режиме полусухого трения, рассчитывают по среднему давлению  $P$  между цапфой и вкладышем и произведению этого давления на окружную скорость  $V$  скольжения цапфы, т.е. по параметру  $PV$ . Давление характеризует несущую способность подшипника, а произведение  $PV$  – износ подшипника, тепловыделение в нем и степень опасности заедания цапфы.

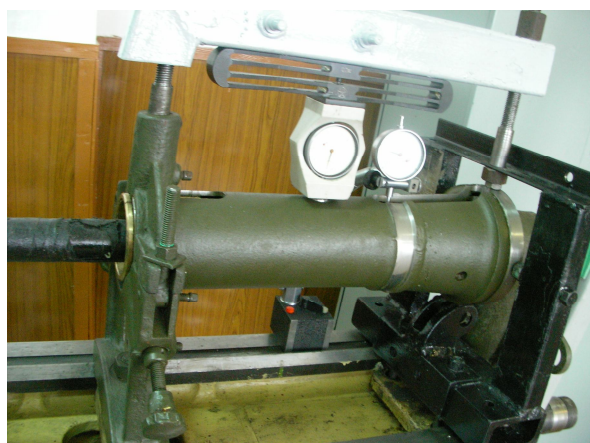


Рис. 4. Внешний вид установки для ускоренных испытаний узла балансира ходовой части МГМ

Для узла балансира МГМ в реальных условиях эксплуатации, скорость скольжения поверхности оси балансира по поверхности втулок равна 0,05-0,1 м/с, при контактом давлении от 2 МПа при статических нагрузках и до 200 МПа во время ударов балансира в упор, средняя величина контактного давления равна 10-30 МПа. Эксплуатация МГМ осуществляется в различных дорожных условиях. В соответствии со статистической характеристикой полигонных трасс, для сибирского региона (Омская область) на 1000 метров пути приходится примерно 120 неровностей дороги высотой до 160 мм [6,7], при преодолении которых ось балансира совершает возвратно-вращательные движения с амплитудой равной  $\pm 130$  мм. Таким образом, при движении со скоростью до 30 км/час в условиях бездорожья [6,7], один километр пути будет пройден примерно за 2 минуты, при этом балансиры совершит примерно 120 возвратно-вращательных движений, а за 1 минуту соответственно 60 движений.

В соответствии с фрикционно-усталостной моделью изнашивания, предложенной и развитой И. В. Крагельским и его учениками, процесс взаимодействия двух тел происходит на уровне микрогеометрии (шероховатостей) поверхностей. При относительном скольжении трущихся тел разрушение происходит в результате многократного деформирования микровыступов истираемого материала жесткими микронеровностями контртела.

Уравнение для оценки скорости изнашивания при фрикционной усталости имеет вид [2]:

$$I_h = \sqrt{\frac{h}{R} \frac{p_a}{p_r} \frac{k_1 \alpha^*}{n}}, \quad (2)$$

где  $h/R$  – относительная глубина внедрения ( $h$  – глубина внедрения единичной неровности;  $R$  – радиус неровности);  $p_a$  и  $p_r$  – соответственно нормальное и фактическое давления;  $k_1$  – коэффициент, зависящий от расположения неровностей по высоте;  $\alpha^*$  – отношение нормальной площади к площади трения;  $n$  – число циклов нагружения, которое выдерживает деформированный объем до разрушения.

Исходя из вышеуказанной теории, на единичную точку поверхности втулки балансира оказывает воздействие единичная точка поверхности оси балансира с определенной частотой, которая зависит от скорости скольжения поверхности балансира по поверхности втулки. Для подшипникового узла балансира эта частота примерно равна 1 рад/с, для нормальных условий эксплуатации. Соответственно на установке ускоренных испытаний необходимо обеспечить частоту вращения вала во втулках равную 1 Гц, при контактом давлении во втулках примерно 20 МПа. В этом случае получены равные условия по параметру  $PV$ , для реального подшипника узла балансира и испытуемого подшипника на установке ускоренных испытаний  $PV=[PV]_p$ .

На установке ускоренных испытаний имеется возможность варьирования значениями скорости скольжения балансира во втулках и контактного давления в сопряжении. При проведении исследований на установке ускоренных испытаний, было принято контактное давление – 20 МПа, что соответствует среднему давлению в реальном подшипнике узла балансира, для нормальных условий эксплуатации, а скорость скольжения изменяли, тем самым изменялся параметр  $PV$  – мощность трения.

Таблица 1 – Условия проведения исследований на установке ускоренных испытаний

№ п/п	Скорость скольжения поверхности оси балансира, м/с	Контактное давление во втулках, МПа	Параметр PV подшипника скольжения, МПа·м/с	Среда	Продолжительность испытаний, ч.
1	0,1	20	2	Смазка Литол-24	245
5	0,22	20	4	Смазка Литол-24	245

Эксперимент проводили в два этапа, на первом этапе  $PV=[PV]_p$ , на втором этапе  $2PV=2[PV]_p$ .

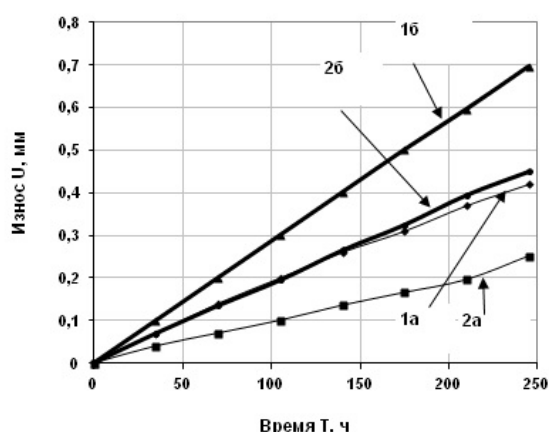


Рис. 5. Зависимость износа втулок балансира от времени испытаний на установке ускоренных испытаний, 1- втулка стандартного узла, 2- втулка узла с модифицированным балансиrom, при значениях параметра PV: а -  $PV=[PV]_p$ , б -  $2PV=2[PV]_p$

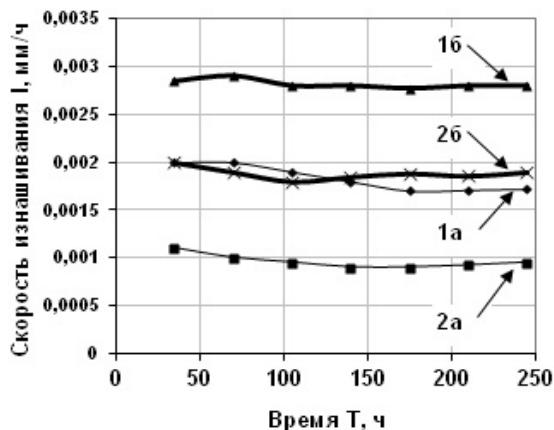


Рис. 6. Зависимость средней скорости изнашивания втулки балансира от времени испытаний на стенде имитаторе, 1- втулка стандартного узла, 2- втулка узла с модифицированным балансиrom, при значениях параметра PV: а -  $PV=[PV]_p$ , б -  $2PV=2[PV]_p$

Монтаж втулок в кронштейн балансира установки ускоренных испытаний осуществлялся в соответствии с техническими требованиями на сборку узла балансира. Балансир, поверхности трения, которого обработаны методом ФЭМ, устанавливался во втулки.

Стендовые испытания на установке ускоренных испытаний каждого подшипникового узла производились в соответствии с методикой при режимах представленных в таблице 1.

Через каждые 35 часов испытаний проводили измерение внутренней поверхности втулок балансира и наружной поверхности оси балансира. По результатам измерений были построены зависимости износа и скорости изнашивания от времени проведения испытаний, которые представлены на рисунке 5.

#### Заклучение

Величина износа втулок балансира работающих в паре с балансиrom, изготовленным по существующей технологии (рисунок 5), значительно превышает величину износа трибосопряжения образцов стандартной втулкой и балансиrom рабочие поверхности которого обработаны комбинированным фрикционно-электрическим модифицированием, одной из разновидностей электромеханической обработки. Скорость изнашивания трибосопряжения: бронзовая втулка с осью балансира обработанного по заводской технологии (рисунок 6 кривая 1), больше примерно в 1,6 раза в сравнении с трибосопряжением. Бронзовая втулка с осью балансира обработанная методом ФЭМ (рисунок 6 кривая 2) при  $PV=[PV]_p$ , при  $2PV=2[PV]_p$  имеют скорость изнашивания стандартного трибосопряжения примерно в 1,4 раза выше, чем у трибосопряжения с балансиrom, модифицированным методом ФЭМ. Вышеуказанное свидетельствует об эффективности применения этой разновидности ЭМО для повышения работоспособности узла балансира ходовой части МГМ.

**Библиографический список**

1. Аскинази, Б. М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой / Б. М. Аскинази. – 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1989. – 200 с.
2. Эдигаров, В. Р. Классификация комбинированных методов обработки на основе электромеханического упрочнения // Современные наукоемкие технологии / В. Р. Эдигаров, И. Ю. Килунин, В. В. Дегтярь. – 2012. - №3. - С.32-36.
3. Машков, Ю. К. Комбинированное фрикционно-электрическое модифицирование стальных поверхностей трения / Ю. К. Машков, В. Р. Эдигаров, М. Ю. Байбарацкая, З. Н. Овчар // Трение и износ. – 2006. – Т. 27. - № 3. - С.89-92.
4. Голего, Н. Л. Технологические мероприятия по борьбе с износом в машинах/ Н. Л. Голего – М.: Машиностроение, 1961. - 193с.
5. Полевой С. Н. Упрочнение металлов/ С. Н. Полевой, В. Д. Евдокимов – М.: Машиностроение, 1986. - 319 с.
6. Малиновский, А. Н. Ходовая часть гусеничных машин / А. Н. Малиновский – М.: Воен. Издательство, 1963.-119с
7. Сковородин, В. Я. Справочная книга по надежности сельскохозяйственной техники / В. Я. Сковородин, Л. В. Тишкин – Л.: Лениздат, 1985.-204 с.
8. Крагельский, И. В. Узлы трения машин / И. В. Крагельский, Н. М. Михин – М.: Машиностроение, 1984. - 280с.

**IMPROVING WEAR RESISTANCE OF DETAILS OF MULTI-PURPOSE TRACKED MACHINES' RUNNING GEAR BY COMBINED METHODS OF ELECTROMECHANICAL PROCESSING**

V. R. Edigarov, V. V. Malyy

**Abstract.** There is presented an analysis of working conditions and reasons of failure of a running gear's main details of the multi-purpose tracked machines, there is justified the possibility of application of the combined electromechanical processing, its kind of frictional and electric modification for increasing working capacity and wear resistance of work surfaces of these details. There are presented dependences of experimental studies of wear's process of standard bush of the multi-purpose tracked machines' balancer and bush of assembly with modified balancer which allowed to formulate the justified conclusions of efficiency of the combined frictional and electric processing's application using surface-active modifiers.

**Keywords:** Electromechanical processing, frictional and electric modification, wear, working capacity, multi-purpose tracked machines.

**References**

1. Askinazi B. M. *Uprochnenie i vosstanovlenie detalej mashin elektromexanicheskoy obrabotkoj* [Hardening and recovery of machine's details using

electromechanical processing]. Moscow, Mechanical Engineering, 1989, 200 p.

2. Edigarov V. R. *klassifikaciya kombinirovannykh metodov obrabotki na osnove elektromexanicheskogo uprochneniya* [Classification of combined methods of processing on the basis of electromechanical hardening] *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2012, no 3, pp. 32-36.

3. Mashkov Y. K. Edigarov W. R. Baybaratskaya M. Y., Ovhar Z. N. *Kombinirovannoe frikcionno-elektricheskoe modifitsirovanie stalnykh poverxnostej treniya* [Combined frictional and electrical modification of steel surfaces of friction]. *Trenie i iznos*, 2006, T. 27, no 3, pp. 89 - 92.

4. Golego N. L. *Texnologicheskie meropriyatiya po borbe s iznosom v mashina* [Technological measures to struggle against wear in machines]. Moscow, Engineering, 1961, 193p.

5. Polevoy S. N. Evdokimov V. D. *Uprochnenie metallov* [Hardening of metals]. Moscow, Mashinostroyeniye, 1986, 319 p.

6. Malinowski A.N. *Xodovaya chast gusenichnykh mashin* [A running gear of tracked machines]. Moscow, Military. Publisher, 1963, 119 p.

7. Skovorodin V. Y., Tishkin L. V. *Spravochnaya kniga po nadezhnosti selskoxozyajstvennoj texniki* [A reference book on reliability of agricultural machinery]. Leningrad, Lenizdat, 1985, 204 p.

8. Kragelsky I. V. Mihin N. M. *Uzly treniya mashin* [Friction assemblies of machines]. Moscow, Mashinostroyeniye, 1984, 280 p.

*Эдигаров Вячеслав Робертович (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры двигателей Омского автобронетанкового инженерного института филиал военной академии материально-технического обеспечения. (644098, Россия, г. Омск, 14 Военный городок, e-mail:edigarovs@mail.ru)*

*Малый Вячеслав Витальевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры Эксплуатации бронетанковой и автомобильной техники Омского автобронетанкового инженерного института филиал военной академии материально-технического обеспечения. (644098, Россия, г. Омск, 14 Военный городок, e-mail: Mallyy@yandex.ru)*

*Edigarov V. R. (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, assistant professor Omsk Tank-Automotive Engineering Institute, a branch of the military academy Logistics, Department engines. (644098, Omsk, 14 mil. Town e-mail: edigarovs@mail.ru)*

*Malyy V. V. (Russian Federation Omsk) – candidate of technical science, assistant professor Omsk Tank-Automotive Engineering Institute, a branch of the military academy logistics, operation department armor and automotive equipment. (644098, Omsk, 14 mil. Town e-mail: Mallyy@yandex.ru)*



## РАЗДЕЛ II

### СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 624.21

#### МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ДВУХЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ БЕТОНА И АРМАТУРЫ ПРИ РАСЧЁТЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРУГОВОГО СЕЧЕНИЯ, ПОДВЕРЖЕННЫХ СЛОЖНОМУ СИЛОВОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

П. П. Ефимов

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В работе приводится метод оценки напряжённого состояния железобетонных элементов кругового сечения армированного ненапрягаемой арматурой подверженных сжатию и изгибу в двух ортогональных плоскостях с учётом развития ограниченных пластических деформаций материалов. Для анализа напряжённого состояния железобетонного элемента использованы двухлинейные модели деформирования бетона и стальной арматуры. Поскольку при решении поставленной задачи определяется кривизна в сечении, то предлагаемая методика может быть использована для определения изгибных деформаций железобетонного элемента.

**Ключевые слова:** бетон, арматура, железобетон, модель, условия равновесия, пластические деформации.

#### Введение

При строительстве эстакад часто применяют одно столбчатые опоры. Нередко телу таких опор придают круговое очертание (рисунок 1). При анализе напряжённого состояния тела опор необходимо учитывать воздействие изгибающих моментов, возникающих как вдоль продольной оси пролётного строения  $M_{np.}$ , так и поперёк её

$M_{nn.}$ , а также продольной сжимающей силы  $N_{внеш.}$  (рисунок 2).

Учитывая симметрию рассматриваемого сечения два изгибающих момента можно свести к одному – равнодействующему

$$M_{внеш.} = \sqrt{M_{nn.}^2 + M_{np.}^2}. \quad (1)$$



Рис. 1. Общий вид опоры моста

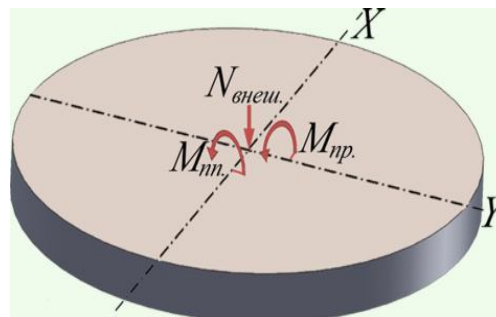


Рис. 2. Схема силового воздействия на рассматриваемое сечение

**Утверждение.** Для элементов кругового сечения следует учитывать, что в наиболее напряжённых его сжатых зонах концентрируется малая часть его поперечного сечения. С учётом указанного возникает вопрос о целесообразности использования прямоугольной эпюры распределения напряжений в бетоне по высоте её сжатой зоны. Для решения такой задачи целесообразно напряжённое состояние железобетонного сечения оценивать с использованием двухлинейных диаграмм деформирования бетона и арматуры [1], согласно которым напряжения  $\sigma_b$  определяют по выражениям:

$$\text{при } 0 \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b1,red} \rightarrow \sigma_b = E_{b,red} \cdot \varepsilon_b, \quad (2)$$

$$\text{а при } \varepsilon_{b1,red} \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b2} \rightarrow \sigma_b = R_b; \quad (3)$$

$$\text{где } \varepsilon_{b1,red} = 0,0015; \quad \varepsilon_{b2} = 0,0035;$$

$E_{b,red} = R_b / \varepsilon_{b1,red}$  – приведенный модуль деформаций бетона.

Напряжения  $\sigma_s$  определяют в зависимости от  $\varepsilon_s$  по выражениям:

$$\text{при } 0 < \varepsilon_s < \varepsilon_{s1} \rightarrow \sigma_s = \varepsilon_s \cdot E_s, \quad (4)$$

$$\text{а при } \varepsilon_{s1} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{s2} \rightarrow \sigma_s = R_s; \quad (5)$$

$$\text{где } \varepsilon_{s1} = R_s / E_s; \quad \varepsilon_{s2} = 0,025.$$

**Теоретическое обоснование.** Для анализа примем железобетонный элемент кругового сечения с равномерным расположением ненапрягаемой арматуры по его контуру (рисунок 3). Оценку напряжённого состояния сечения будем осуществлять без учёта работы бетона в растянутой зоне.

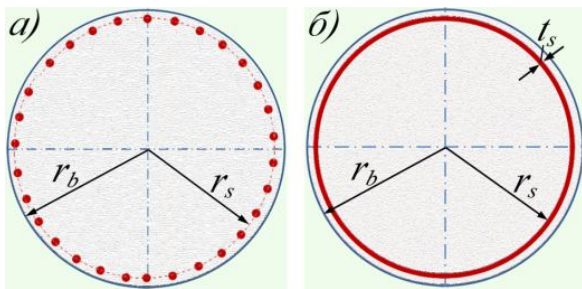


Рис. 3. Реальная (а) и расчётная (б) схема поперечного сечения

В целях упрощения анализа продольную арматуру представим в виде эквивалентного цилиндра с толщиной стенки [2]

$$t_s = A_{s,0} \cdot n_s / (2 \cdot \pi \cdot r_s), \quad (6)$$

где  $A_{s,0}$  – площадь одного продольного стержня;

$n_s$  – число продольных стержней в поперечном сечении элемента.

Основной задачей анализа напряжённого состояния поперечного сечения железобетонного элемента является определение высоты сжатой зоны  $x$  и кривизны  $\rho$  (рисунок 4).

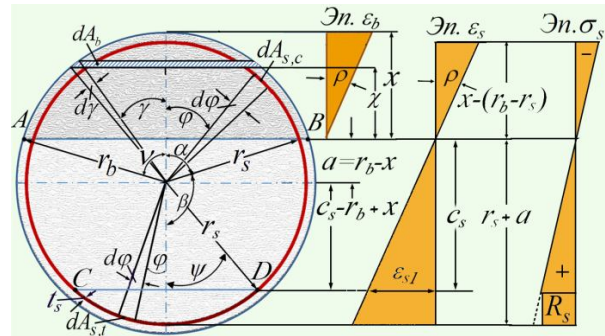


Рис. 4. Напряжённое состояние расчётного сечения при упругопластической работе сжатого бетона и растянутой арматуры

На первом этапе анализа предположим, что в сжатой зоне бетон и арматура работают упруго (выше линии  $AB$ ). В наиболее удалённой зоне растянутой арматуры возникают пластические деформации (ниже линии  $CD$ ). В этой зоне напряжения в арматуре принимаются постоянными и равными  $R_s$ .

Параметр  $c_s$ , характеризующий зону перехода одного вида напряжённого состояния растянутой арматуры в другой, определим соответствующим выражением

$$c_s = \varepsilon_{s1} / \rho. \quad (7)$$

Определим тригонометрические функции

$$\cos v = (r_b - x) / r_b; \quad \sin v = \sqrt{1 - ((r_b - x) / r_b)^2};$$

$$v = \arccos((r_b - x) / r_b); \quad \cos \alpha = (r_b - x) / r_s;$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - ((r_b - x) / r_s)^2};$$

$$\alpha = \arccos((r_b - x) / r_s);$$

$$\beta = \pi - \alpha = \pi - \arccos((r_s - x) / r_s);$$

$$\cos \psi = (c_s - r_b + x) / r_s;$$

$$\sin v = \sqrt{1 - ((c_s - r_b + x) / r_s)^2};$$

$$\psi = \arccos((c_s - r_b + x) / r_s).$$

Элементарные площади сжатого бетона, сжатой и растянутой арматуры соответственно равны

$$dA_b = r_b^2 \cdot \sin^2 \gamma \cdot d\gamma, \quad dA_{s,c} = t_s \cdot r_s \cdot d\varphi \quad \text{и}$$

$$dA_{s,t} = t_s \cdot r_s \cdot d\varphi$$

С учётом полученных выражений для элементарных площадей запишем уравнения равновесия внутренних и внешних сил

$$\left. \begin{aligned} & \int_0^v 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot (r_b \cdot \cos \gamma - r_b + x) \cdot r_b^2 \cdot \sin^2 \gamma \cdot d\gamma + \int_0^\alpha 2 \cdot E_s \cdot (r_s \cdot \cos \varphi - r_b + x) \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi - \\ & \rightarrow - \int_\psi^\beta 2 \cdot E_s \cdot (r_s \cdot \cos \varphi - r_b + x) \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi + \int_0^\psi 2 \cdot R_s \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi = N_{\text{внеш.}} \\ & \int_0^v 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot (r_b \cdot \cos \gamma - r_b + x)^2 \cdot r_b^2 \cdot \sin^2 \gamma \cdot d\gamma + \int_0^\alpha 2 \cdot E_s \cdot (r_s \cdot \cos \varphi - r_b + x)^2 \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi - \\ & \rightarrow - \int_\psi^\beta 2 \cdot E_s \cdot (r_s \cdot \cos \varphi - r_b + x)^2 \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi + \\ & \rightarrow + \int_0^\psi 2 \cdot R_s \cdot (r_s \cdot \cos \varphi - r_b + x) \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi = M_{\text{внеш.}} \end{aligned} \right\} \cdot (8)$$

Систему уравнений (8) будем решать последовательно. Первый интеграл первого уравнения системы

$$\begin{aligned} I_{N,b,1} &= \int_0^v 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot (r_b \cdot \cos \gamma - r_b + x) \cdot r_b^2 \cdot \sin^2 \gamma \cdot d\gamma = \\ &= 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot r_b^2 \cdot \int_0^v (r_b \cdot \cos \gamma \cdot \sin^2 \gamma - (r_b - x) \cdot \sin^2 \gamma) \cdot d\gamma = \\ &= 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot r_b^2 \cdot \left( r_b \cdot \left( \frac{\sin^3 \gamma}{3} \right) - (r_b - x) \cdot (0,5 \cdot \gamma - 0,25 \cdot \sin 2\gamma) \right) \Big|_0^v = \\ &= 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot r_b^2 \cdot \left( r_b \cdot \left( \frac{\sin^3 v}{3} \right) - (r_b - x) \cdot (0,5 \cdot v - 0,5 \cdot \sin v \cdot \cos v) \right) = \end{aligned}$$

Окончательно имеем

$$I_{N,b,1} = 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot r_b^2 \cdot \left( r_b \cdot \left( \frac{\sqrt{1-a^2}}{3} \right)^3 - 0,5 \cdot (r_b - x) \cdot \left( \arccos a - \sqrt{1-a^2} \cdot a \right) \right), \quad (9)$$

здесь и далее  $a = (r_b - x)/r_b$ .

Второй интеграл первого уравнения системы

$$\begin{aligned} I_{N,sc,2} &= + \int_0^\alpha 2 \cdot E_s \cdot (r_s \cdot \cos \varphi - r_b + x) \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi = \\ &= 2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot (r_s \cdot \sin \varphi - r_b \cdot \varphi + x \cdot \varphi) \Big|_0^\alpha = \\ &= 2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot (r_s \cdot \sin \alpha - r_b \cdot \alpha + x \cdot \alpha) \end{aligned}$$

Окончательно имеем

$$I_{N,sc,2} = 2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot \left( r_s \cdot \sqrt{1-b^2} - (r_b - x) \cdot \arccos b \right) \quad (10)$$

здесь и далее  $b = (r_b - x)/r_s$ .

Третий интеграл первого уравнения системы

$$\begin{aligned}
 I_{N,st,el,3} &= -\int_{\psi}^{\beta} 2 \cdot E_s \cdot (r_s \cdot \cos \varphi - r_b + x) \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi = \\
 &= -2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot (r_s \cdot \sin \varphi - (r_b - x) \cdot \varphi) \Big|_{\psi}^{\beta} = \\
 &= -2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot [(r_s \cdot \sin \beta - (r_b - x) \cdot \beta) - (r_s \cdot \sin \psi - (r_b - x) \cdot \psi)]
 \end{aligned}$$

Используя ранее приведенную формулу, имеем

$$I_{N,st,el,3} = -2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot \left[ \begin{array}{l} r_s \cdot \sqrt{1-b^2} - (r_b - x) \cdot (\pi - \arccos b) - r_s \cdot \sqrt{1-c^2} + \rightarrow \\ \rightarrow + (r_b - x) \cdot \arccos c \end{array} \right]. \quad (11)$$

здесь и далее  $c = (c_s - r_b + x) / r_s$ .

Четвёртый интеграл первого уравнения системы

$$I_{N,st,pl,4} = \int_0^{\psi} 2 \cdot R_s \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi = 2 \cdot R_s \cdot t_s \cdot r_s \cdot \varphi \Big|_0^{\psi} = 2 \cdot R_s \cdot t_s \cdot r_s \cdot \psi.$$

Представим искомый интеграл в виде

$$I_{N,st,pl,4} = 2 \cdot R_s \cdot t_s \cdot r_s \cdot \arccos c. \quad (12)$$

Первый интеграл второго уравнения системы

$$\begin{aligned}
 I_{M,b,1} &= \int_0^{\nu} 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot (r_b \cdot \cos \gamma - r_b + x) \cdot r_b^3 \cdot \cos \gamma \cdot \sin^2 \gamma \cdot d\gamma = \\
 &= 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot r_b^3 \cdot \int_0^{\nu} (r_b \cdot \cos^2 \gamma \cdot \sin^2 \gamma + (r_b - x) \cdot \cos \gamma \cdot \sin^2 \gamma) \cdot d\gamma = \\
 &= 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot r_b^3 \cdot (r_b \cdot ((4 \cdot \gamma - \sin 4\gamma) / 32) + (r_b - x) \cdot ((\sin^3 \gamma) / 3)) \Big|_0^{\nu} = \\
 &= 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot r_b^3 \cdot (r_b \cdot ((4 \cdot \nu - \sin 4\nu) / 32) + (r_b - x) \cdot ((\sin^3 \nu) / 3)) = \\
 &= 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot r_b^3 \cdot (r_b \cdot ((4 \cdot \nu - \cos \nu \cdot (4 \cdot \sin \nu - 8 \cdot \sin^3 \nu)) / 32) + (r_b - x) \cdot ((\sin^3 \nu) / 3))
 \end{aligned}$$

Окончательно имеем

$$I_{M,b,1} = 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot r_b^3 \cdot \left( \begin{array}{l} r_b \cdot \left( \left( 4 \cdot \arccos a - \left( 4 \cdot \sqrt{1-a^2} - 8 \cdot (\sqrt{1-a^2})^3 \right) \right) / 32 \right) + \rightarrow \\ \rightarrow + (r_b - x) \cdot \left( (\sqrt{1-a^2})^3 / 3 \right) \end{array} \right). \quad (13)$$

Второй интеграл второго уравнения системы

$$\begin{aligned}
 I_{M,sc,2} &= \int_0^{\alpha} 2 \cdot E_s \cdot (r_s \cdot \cos \varphi - r_b + x)^2 \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi = \\
 &= 2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot \int_0^{\alpha} (r_s^2 \cdot \cos^2 \varphi + 2 \cdot r_s \cdot (x - r_b) \cdot \cos \varphi + (x - r_b)^2) \cdot d\varphi = \\
 &= 2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot \left( \begin{array}{l} r_s^2 \cdot (0.5 \cdot \varphi + 0.25 \cdot \sin 2\varphi) + \rightarrow \\ \rightarrow + 2 \cdot r_s \cdot (x - r_b) \cdot \sin \varphi + (x - r_b)^2 \cdot \varphi \end{array} \right) \Big|_0^{\alpha} = \\
 &= 2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot \left( \begin{array}{l} r_s^2 \cdot (0.5 \cdot \alpha + 0.5 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha) + \\ 2 \cdot r_s \cdot (x - r_b) \cdot \sin \alpha + (x - r_b)^2 \cdot \alpha \end{array} \right)
 \end{aligned}$$

Представим искомый интеграл в виде

$$I_{M,sc,2} = 2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot \left[ \begin{aligned} & \left( 0,5 \cdot r_s^2 + (x - r_b)^2 \right) \cdot \arccos b + 0,5 \cdot r_s^2 \cdot b \cdot \sqrt{1 - b^2} + \rightarrow \\ & \rightarrow + 2 \cdot r_s \cdot (x - r_b) \cdot \sqrt{1 - b^2} \end{aligned} \right]. \quad (14)$$

Третий интеграл второго уравнения системы

$$\begin{aligned} I_{M,st,el,3} &= - \int_{\psi}^{\beta} 2 \cdot E_s \cdot (r_s \cdot \cos \varphi - r_b + x)^2 \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi = \\ &= -2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot \int_{\psi}^{\beta} \left( r_s^2 \cdot \cos^2 \varphi + 2 \cdot r_s \cdot (x - r_b) \cdot \cos \varphi + (x - r_b)^2 \right) \cdot d\varphi = \\ &= -2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot \left( r_s^2 \cdot (0,5 \cdot \varphi + 0,25 \cdot \sin 2\varphi) + 2 \cdot r_s \cdot (x - r_b) \cdot \sin \varphi + (x - r_b)^2 \cdot \varphi \right) \Big|_{\psi}^{\beta} = \\ &= -2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot \left[ \begin{aligned} & \left( r_s^2 \cdot (0,5 \cdot \beta + 0,25 \cdot \sin 2\beta) + 2 \cdot r_s \cdot (x - r_b) \cdot \sin \beta + \rightarrow \right) \\ & \left( \rightarrow + (x - r_b)^2 \cdot \beta - \rightarrow \right) \\ & \rightarrow - \left( r_s^2 \cdot (0,5 \cdot \psi + 0,25 \cdot \sin 2\psi) + 2 \cdot r_s \cdot (x - r_b) \cdot \sin \psi + (x - r_b)^2 \cdot \psi \right) \end{aligned} \right] = \end{aligned}$$

Окончательно искомый интеграл представим в виде

$$I_{M,st,el,3} = -2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot \left[ \begin{aligned} & \left( r_s^2 \cdot \left( (0,5 + (x - r_b)^2) \cdot (\pi - \arccos b) - 0,5 \cdot \sqrt{1 - b^2} \cdot b \right) + \rightarrow \right) \\ & \left( + \rightarrow 2 \cdot r_s \cdot (x - r_b) \cdot \sqrt{1 - b^2} - \rightarrow \right) \\ & \rightarrow - \left( r_s^2 \cdot \left( (0,5 + (x - r_b)^2) \cdot \arccos c + 0,5 \cdot \sqrt{1 - c^2} \cdot c + \rightarrow \right) + \rightarrow \right) \\ & \left( \rightarrow + 2 \cdot r_s \cdot (x - r_b) \cdot \sqrt{1 - c^2} \right) \end{aligned} \right]. \quad (15)$$

Четвёртый интеграл второго уравнения системы

$$\begin{aligned} I_{M,st,pl,4} &= \int_0^{\psi} 2 \cdot R_s \cdot (r_s \cdot \cos \varphi - r_b + x) \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi = 2 \cdot R_s \cdot t_s \cdot r_s \cdot \int_0^{\psi} (r_s \cdot \cos \varphi + (x - r_b)) \cdot d\varphi = \\ &= 2 \cdot R_s \cdot t_s \cdot r_s \cdot (r_s \cdot \sin \varphi + (x - r_b) \cdot \varphi) \Big|_0^{\psi} = \\ &= 2 \cdot R_s \cdot t_s \cdot r_s \cdot (r_s \cdot \sin \arccos (c_s - r_b + x) / r_s + (x - r_b) \cdot \arccos (c_s - r_b + x) / r_s) \end{aligned}$$

Окончательно четвёртый интеграл представим в виде

$$I_{M,st,pl,4} = 2 \cdot R_s \cdot t_s \cdot r_s \cdot \left( r_s \cdot \sqrt{1 - c^2} + (x - r_b) \cdot \arccos c \right). \quad (16)$$

С учётом принятых обозначений интегралов, входящих в систему (8), последнюю условно представим в виде

$$\left. \begin{aligned} I_{N,b,1} + I_{N,sc,2} + I_{N,st,el,3} + I_{N,st,pl,4} &= N_{внеш.} \\ I_{M,b,1} + I_{M,sc,2} + I_{M,st,el,3} + I_{M,st,pl,4} &= M_{внеш.} \end{aligned} \right\}. \quad (17)$$

Определив по (17) значения  $x$  и  $\rho$  необходимо проверить условия

$$x \cdot \rho \leq \varepsilon_{b1,red} \text{ и } (x - (r_b - r_s)) \leq \varepsilon_{s1}.$$

Если указанные условия не выполняются, то необходимо перейти на новую расчётную схему (рисунок 5), учитывающую возможность проявления в бетоне и сжатой арматуре пластических деформаций.

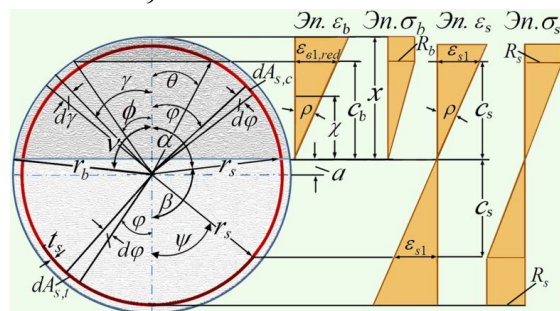


Рис. 5. Напряжённое состояние расчётного сечения при упругопластической работе сжатого бетона и арматуры

Предварительно определим тригонометрические функции

$$\cos \phi = c_b/r_b, \sin \phi = \sqrt{1-(c_b/r_b)^2},$$

$$\cos \theta = c_s/r_s, \sin \theta = \sqrt{1-(c_s/r_s)^2},$$

$$\theta = \arccos(c_s/r_s).$$

Первый и второй интегралы первого уравнения системы (17) необходимо соответственно заменить на

$$I_{N,b,1} \rightarrow I_{N,b,el,1} \text{ и } I_{N,b,pl,1} \text{ и}$$

$$I_{N,sc,2} \rightarrow I_{N,sc,el,2} \text{ и } I_{N,sc,pl,2}.$$

Первый и второй интегралы второго уравнения системы (17) так же необходимо заменить соответственно на

$$I_{M,b,1} \rightarrow I_{M,b,el,1} \text{ и } I_{M,b,pl,1} \text{ и}$$

$$I_{M,sc,2} \rightarrow I_{M,sc,el,2} \text{ и } I_{M,sc,pl,2}.$$

Определим далее указанные интегралы.

Первый дополнительный интеграл

$$I_{N,b,el,1} = \int_{\phi}^{\nu} 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot (r_b \cdot \cos \gamma - r_b + x) \cdot r_b^2 \cdot \cos \gamma \cdot \sin^2 \gamma \cdot d\gamma =$$

$$= 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot r_b^2 \cdot \left[ r_b \cdot \left( \frac{(\sqrt{1-a^2})^3}{3} \right) - 0,5 \cdot (r_b - x) \cdot \left( \arccos a - \sqrt{1-a^2} \cdot a \right) - \rightarrow \right.$$

$$\left. \rightarrow -r_b \cdot \left( \frac{(\sqrt{1-d^2})^3}{3} \right) - 0,5 \cdot (r_b - x) \cdot \left( \arccos d - \sqrt{1-d^2} \cdot d \right) \right]. \quad (18)$$

Интеграл (18) получен из (13) с учётом изменения границ интегрирования

Второй дополнительный интеграл

$$I_{N,b,el,1} = \int_0^{\phi} 2 \cdot R_b \cdot r_b^2 \cdot \sin^2 \gamma \cdot d\gamma = 2 \cdot R_b \cdot r_b^2 \cdot$$

$$\cdot (0,5 \cdot \gamma - 0,25 \cdot \sin 2\gamma) \Big|_0^{\phi} = R_b \cdot r_b^2 \cdot (\phi - \sin \phi \cdot \cos \phi)$$

Окончательно имеем

$$I_{N,b,el,1} = R_b \cdot r_b^2 \cdot \left( \arccos d - \sqrt{1-d^2} \cdot d \right). \quad (19)$$

здесь и далее  $d = c_b/r_b$

Третий дополнительный интеграл

$$I_{N,sc,el,2} = \int_{\theta}^{\alpha} 2 \cdot E_s \cdot (r_s \cdot \cos \varphi - r_b + x) \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi$$

$$I_{N,sc,el,2} = 2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot \left[ \left( r_s \cdot \sqrt{1-b^2} - (r_b - x) \cdot \arccos b \right) - \rightarrow \right.$$

$$\left. \rightarrow - \left( r_s \cdot \sqrt{1-e^2} - (r_b - x) \cdot \arccos e \right) \right]. \quad (20)$$

здесь и далее  $d = c_s/r_s$

При решении указанного интеграла использовано решение интеграла (11).

Четвёртый дополнительный интеграл

$$I_{N,sc,pl,2} = \int_0^{\theta} 2 \cdot R_s \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi = 2 \cdot R_s \cdot t_s \cdot r_s \cdot \arccos(c_s/r_s). \quad (21)$$

Пятый дополнительный интеграл

$$I_{M,b,el,1} = \int_{\phi}^{\nu} 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot (r_b \cdot \cos \gamma - r_b + x) \cdot r_b^3 \cdot \cos \gamma \cdot \sin^2 \gamma \cdot d\gamma$$

$$= 2 \cdot E_b \cdot \rho \cdot r_b^3 \cdot \left[ r_b \cdot \left( \left( 4 \cdot \arccos a - a \cdot \left( 4 \cdot \sqrt{1-a^2} - 8 \cdot (\sqrt{1-a^2})^3 \right) \right) / 32 \right) + \rightarrow \right.$$

$$\rightarrow + (r_b - x) \cdot \left( \frac{(\sqrt{1-a^2})^3}{3} \right) - \rightarrow$$

$$\rightarrow - r_b \cdot \left( \left( 4 \cdot \arccos d - d \cdot \left( 4 \cdot \sqrt{1-d^2} - 8 \cdot (\sqrt{1-d^2})^3 \right) \right) / 32 \right) + \rightarrow$$

$$\left. \rightarrow + (r_b - x) \cdot \left( \frac{(\sqrt{1-d^2})^3}{3} \right) \right]. \quad (22)$$

Шестой дополнительный интеграл

$$I_{M,b,pl,1} = \int_0^{\phi} 2 \cdot R_b \cdot r_b^3 \cdot \cos \gamma \cdot \sin^2 \gamma \cdot d\gamma = 2 \cdot R_b \cdot r_b^3 \cdot \left( \sin^3 \gamma / 3 \right) \Big|_0^{\phi} = 2 \cdot R_b \cdot r_b^3 \cdot \sqrt{1-d^2}. \quad (23)$$

Седьмой дополнительный интеграл

$$I_{M,sc,el,2} = \int_0^{\alpha} 2 \cdot E_s \cdot (r_s \cdot \cos \varphi - r_b + x)^2 \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi.$$

После преобразований использованных при определении интеграла (14) и изменения границ интегрирования имеем

$$I_{M,sc,el,2} = 2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot \left[ \begin{array}{l} (0,5 \cdot r_s^2 + (x - r_b)^2) \cdot \arccos b + 0,5 \cdot r_s^2 \cdot b \cdot \sqrt{1 - b^2} + \rightarrow \\ \rightarrow + 2 \cdot r_s \cdot (x - r_b) \cdot \sqrt{1 - b^2} - (0,5 \cdot r_s^2 + (x - r_b)^2) \cdot \arccos e - \rightarrow \\ \rightarrow - 0,5 \cdot r_s^2 \cdot e \cdot \sqrt{1 - e^2} - 2 \cdot r_s \cdot (x - r_b) \cdot \sqrt{1 - e^2} \end{array} \right].$$

Выполнив простые группировки, окончательно имеем

$$I_{M,sc,el,2} = 2 \cdot E_s \cdot \rho \cdot t_s \cdot r_s \cdot \left[ \begin{array}{l} (0,5 \cdot r_s^2 + (x - r_b)^2) \cdot (\arccos b - \arccos e) + \rightarrow \\ 0,5 \cdot r_s^2 \cdot (b \cdot \sqrt{1 - b^2} - e \cdot \sqrt{1 - e^2}) + \rightarrow \\ \rightarrow + 2 \cdot r_s \cdot (x - r_b) \cdot (\sqrt{1 - b^2} - \sqrt{1 - e^2}) \end{array} \right]. \quad (24)$$

Восьмой дополнительный интеграл

$$I_{M,sc,pl,2} = \int_0^{\theta} 2 \cdot R_s \cdot (r_s \cdot \cos \varphi - r_b + x) \cdot t_s \cdot r_s \cdot d\varphi = 2 \cdot R_s \cdot t_s \cdot r_s \cdot (r_s \cdot \sin \theta + (x - r_b) \cdot \theta).$$

Используя ранее принятые обозначения, окончательно имеем

$$I_{M,sc,pl,2} = 2 \cdot R_s \cdot t_s \cdot r_s \cdot (r_s \cdot \sqrt{1 - e^2} + (x - r_b) \cdot \arccos e). \quad (25)$$

С учётом новых интегралов внесём коррективу в систему (17)

$$\left. \begin{array}{l} I_{N,b,el,1} + I_{N,b,pl,1} + I_{N,sc,el,2} + I_{N,sc,pl,2} + I_{N,st,el,3} + I_{N,st,pl,4} = N_{внеш.} \\ I_{M,b,el,1} + I_{M,b,pl,1} + I_{M,sc,el,2} + I_{M,sc,pl,2} + I_{M,st,el,3} + I_{M,st,pl,4} = M_{внеш.} \end{array} \right\}. \quad (26)$$

### Заключение

Предлагаемый метод анализа напряжённого состояния железобетонного элемента, подвергнутому сложному силовому воздействию позволяет выполнять поставленную задачу с достаточно приемлемой корректностью и эффективностью. Для использования этого необходимо использовать метод пошагового изменения параметров  $x$  и  $\rho$ , но необходимо отметить, что, несмотря на определённую трудоёмкость предлагаемого метода, что задачи подобного типа решают далеко не каждый день.

### Библиографический список

1. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы.
2. Ефимов П. П. Использование двухлинейных моделей деформирования бетона и арматуры при расчёте железобетонных элементов, подверженных сжатию с изгибом / П. П. Ефимов // Вестник СибАДИ. – 2013. - № 4. – С. 52 – 56.

### A METHOD OF APPLYING TWO LINEAR MODELS OF CONCRETE AND ARMATURE'S DEFORMATION IN CALCULATING THE REINFORCED CONCRETE ELEMENTS OF CIRCULAR CROSS SECTION, LIABLE TO COMPLICATED FORCE IMPACT

P. P. Efimov

**Abstract.** The article dwells on the method of assessing tension of reinforced concrete elements of circular cross section, reinforced by nontensional armature liable to pressure and curve in two orthogonal planes considering the development of limited plastic deformations of materials. The two linear models of concrete and armature's deformation are used for analysis of tension of reinforced concrete element. As the curvature in section is determined in solving the set task, then the offered methodology can be used for determining bending deformations of reinforced concrete element.

**Keywords:** concrete; armature; reinforced concrete; model; equilibrium conditions, plastic deformations.

### References

1. SP 35.13330.2011 *Bridges and pipes*.
2. Efimov P. P. Ispolzovanie dvux linejnyx modelej deformirovaniya betona i armatury pri raschyote zhelezobetonnyx elementov, podverzhennyx szhatiyu s izgibom [Use of two linear models of concrete and armature's deformation at calculation of reinforced concrete elements subject to compression with a curve]. *Vestnik SibADI*, 2013, no 4 (32), pp. 52-56.

*Ефимов Павел Петрович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры Мосты Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: efimea@mail.ru)*

*Efimov P. P. (Russian Federation, Omsk) – Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Professor, The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e – mail: efimea@mail.ru)*

УДК 691.12

## ТЕХНОЛОГИЯ ПЕНОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ТОРФА

И. Н. Кузнецова<sup>1</sup>, М. А. Ращупкина<sup>1</sup>, С. В. Жуков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

<sup>2</sup>ООО «Капитал-Строй», Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье выяснены особенности технологии производства пенобетона, предложена технологическая схема приготовления растворной смеси для производства пенобетона и представлена новая технология производства пенобетонов на цементно-песчано-торфяной смеси и пенообразователя. Обоснованы физико-технические свойства пенобетона и даны результаты исследований образцов пенобетона. Предложен оптимальный расход материалов для пенобетонной смеси. Полученные результаты способствуют улучшению эксплуатационных и физико-механических характеристик пенобетона.

**Ключевые слова:** пенобетон, торф, порообразование, структура, микроармирование, пористость.

### Введение

В строительстве зданий пенобетон является наиболее востребованным материалом. Он отвечает современным требованиям по физико-техническим и теплозащитным свойствам, имеет высокое термическое сопротивление, низкую теплопроводность, обладает более высокой огнестойкостью, длительным сроком своей эксплуатации.

На сегодняшний день многими учеными проведены исследования в области формирования пористой структуры пенобетона. Пенобетон представляет собой сплошную среду твердого материала с распределенными порами в виде отдельных условно замкнутых ячеек. Пенобетон нужно рассматривать как двухкомпонентную систему, состоящую из порообразующих перегородок, сформированных из цементного камня имеющего свою структуру пор, и структуры пор, сформированных технологическим путем за счет введения пенообразователя. Микроструктура цементного камня в пенобетоне имеет большое значение, так как состоит из непрореагировавших зерен, цемента новообразований и микропор.

**Представлена технология и обоснованы результаты исследований пенобетона на основе торфа**

Оценку структурообразования неорганических соединений цементного камня и пенобетона в целом необходимо вести комплексно, учитывая кристаллохимические особенности веществ, кинетические и термодинамические факторы.

Цементный камень, является основным компонентом перегородок в пенобетоне, определяющим его свойства. Порообразующие перегородки создают несущий остов из цементного камня (цементно-песчаной-торфяной смеси), по которым проходит основной тепловой поток (Q) от наружной грани строительного материала к его внутренней грани, микроструктура пенобетона на рисунке 1. Свойства цементного камня определяются гидратацией цемента, а практическая ценность портландцемента определяется в результате химических и физико-химических превращений, который способен создать прочный камень.



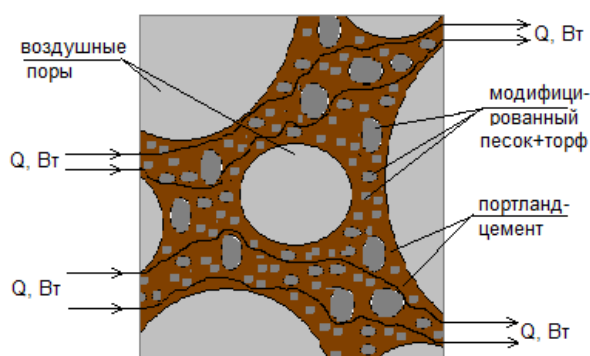


Рис. 1. Микроструктура пенобетона

Для получения цементно-песчано-торфяной смеси проводился помол торфа (торфяного лигнина Обь-Иртышского междуречья) с песком, соотношение песок: торф – 85:15 %, на помольной центробежной дисковой установки. Помольная установка по степени дисперсности при сухом помоле позволяет получать ультрадисперсные материалы –  $10^2$ - $10^3$  нм, и наноразмерные частицы менее  $10^2$  нм.

Используемые материалы в пенобетоне: портландцемент - ЦЕМ II /А-Ш 42,5Н с добавкой гранулированного доменного шлака (общестроительный); песок - Вольский с модулью крупности не менее 2,0; торф - глубина взятия образцов 20см, Зольность, 11,6%, Н:С 0,90, О:С 0,47, N:С 0,03, отношение плотностей Д465/Д650 5,69; пенообразователь.

Оптимальные соотношения компонентов цементно-песчано-торфяной смеси предложены после проведения ряда совместных испытаний авторов статьи с профессором А.Ф. Косач, аспирантами А.Б. Кан, С.В. Даниловым ЮГУ г. Ханты-Мансийск [1-3]. Расход материалов для пенобетонной смеси в таблице 1.

Таблица 1 – Расход материалов для пенобетонной смеси

Компоненты смеси	Содержание компонентов, % по массе
	ЦЕМ II /А-Ш 42,5Н
Портландцемент	87,10
Песок : торф - 85:15%	10
Пенообразователь	2,37
В/Т (В/Ц)	0,53

Технологическая схема приготовления растворной смеси для производства пенобетона состоит из последовательности процессов:

1) Песок и торф дозируются и поступают в центробежную дисковую установку для помола.

2) Готовая песчано-торфяная смесь и цемент дозируются, перемешиваются и пневмотранспортом подается в расходный бункер.

3) Пенообразователь и вода с температурой 20-25°С дозируются и поступает в пеногенератор, в котором в течение 5 - 6 минут взбивается пена.

4) Готовая техническая пена подается в смеситель СМС-40 и перемешивается с раствором (цементно-песчано-торфяная смесь) еще в течение 3 - 4 минут.

5) Готовая пеномасса разливается в формы, после чего производится предварительная выдержка смеси в течение 3 - 4 часов при температуре 20 °С.

6) Тепловлажностная обработка осуществляется по следующему режиму: подъем температуры до 80 °С - 4 часа; изотермический прогрев при 80 °С – 6 часов; снижение температуры до 20 °С - 4 часа.

Представленная технология изготовления пенобетона позволяет создать замкнутую структуру пор с определенным средним диаметром и примерно одинаковыми по сечению порообразующими перегородками, которые в процессе армируются песчано-торфяной смесью, то есть в микроструктуре порообразующих перегородок пенобетона игольчатые кристаллы (торфа) прошивают поровое пространство, способствуя упрочнению структуры и повышению прочности. Большое влияние на свойства бетона оказывает размер пор [4, 7, 8].

Оптимальная структура пенобетона определена на основании математических моделей предложенных Логиновым Г. И. и Филиным А. П. [5], которая характеризует заполняемость единицы объема шарообразными телами, позволяя создать поры минимальными по размеру, замкнутыми, с одинаковыми по сечению порообразующими перегородками и равномерной структурой их распределением. Объем пор в пенобетоне, который формируется технологическим путем, определяется по формуле [6]:

$$V_e = [1 - \rho_{cp} \cdot (0,34 + B/T)] / 1,1,$$

где  $\rho_{cp}$  – средняя плотность пенобетона, кг/л;  $B/T$  – отношение объема воды затворения к массе твердых веществ, т.е. к массе портландцемента.

На анализаторе пористости «Porosimeter 2000» методом ртутной порометрии была экспериментально определена пористость

пенобетонных образцов. Общий объем пор в порообразующих перегородках пенобетонных образцах составил:  $0,038 \text{ см}^3/\text{г}$  при диаметре  $60,7 \text{ нм}$  (рисунок 2). Общий объем пор в пенобетонных образцах составил:  $0,748 \text{ см}^3/\text{г}$  при диаметре пор от  $0,051 \cdot 10^{-3}$  до  $0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .

Рентгеновским дифрактометром "Bruker D8 ADVANCE" был определен минеральный состав пенобетонных образцов: минералы  $\text{CaCO}_3$ ;  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ;  $\text{SiO}_2$ ;  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ . Наличие продуктов гидратации установлено по пикам с  $d, \cdot 10^{-10} = 4,92; 2,63; 2,45; 1,48; 1,45; 9,8; [\text{Ca}(\text{OH})_2 \text{ и } \text{Ca}_2\text{SiO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}] \text{ и } d, \cdot 10^{-10} = 3,87; 3,04; 2,05; 1,92 [\text{CaCO}_3]$ . Содержание  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  устанавливается по линиям  $d, \cdot 10^{-10} = 2,77; 2,18; 1,97$ .

На термограмме образца цементного камня (дифференциальном термическом анализаторе DTG-60, SHIMADZU) симметричность пиков однородна на всех участках кривых DSC и DTG. Интегральная общая потеря массы при нагреве составляет

4,33 %. Наличие эндотермических эффектов в интервале температур  $430\text{--}475 \text{ }^\circ\text{C}$  отвечает дегидратации  $\alpha$ -гидрата  $\text{C}_2\text{S}$ , при температурах  $560\text{--}683 \text{ }^\circ\text{C}$  характеризует суммарный эффект дегидратации гидросиликатов кальция тоберморитовой группы, способствующих уплотнению и упрочнению готового цементного камня (рисунок 3).

На термограмме образца пенобетона симметричность пиков однородна на всех участках кривых DSC и DTG, что характеризует однородность состава образца. Интегральная общая потеря массы составляет 10,65 % (рисунок 4).

Получены физико-технические свойства пенобетона: марка бетона по средней плотности - D400; средняя теплопроводность  $\lambda_{\text{пен}}$ ,  $0,113 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ; паропроницаемость,  $0,17 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$ ; сорбционная влажность не более - 7-9 %, при относительной влажности 75 %.

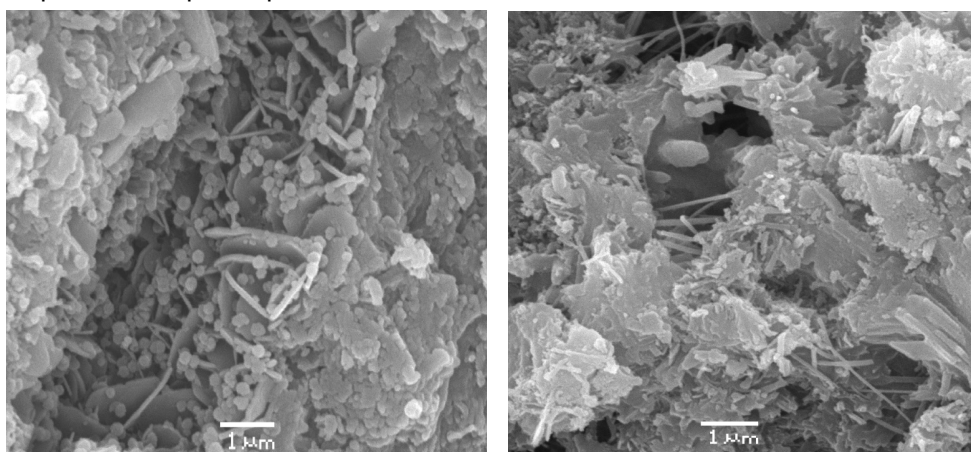


Рис. 2. Микроструктура порообразующей перегородки (цементный камень)

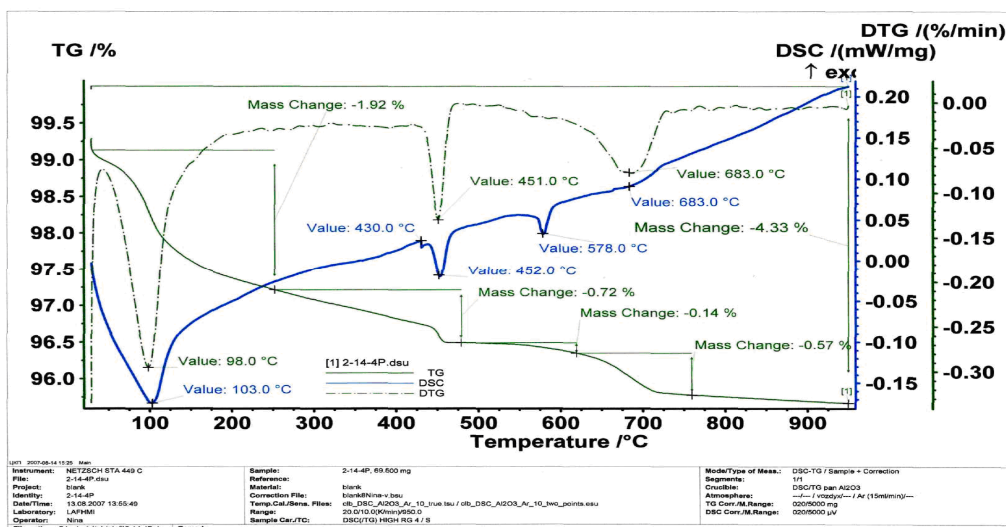


Рис. 3. Термограмма цементного камня

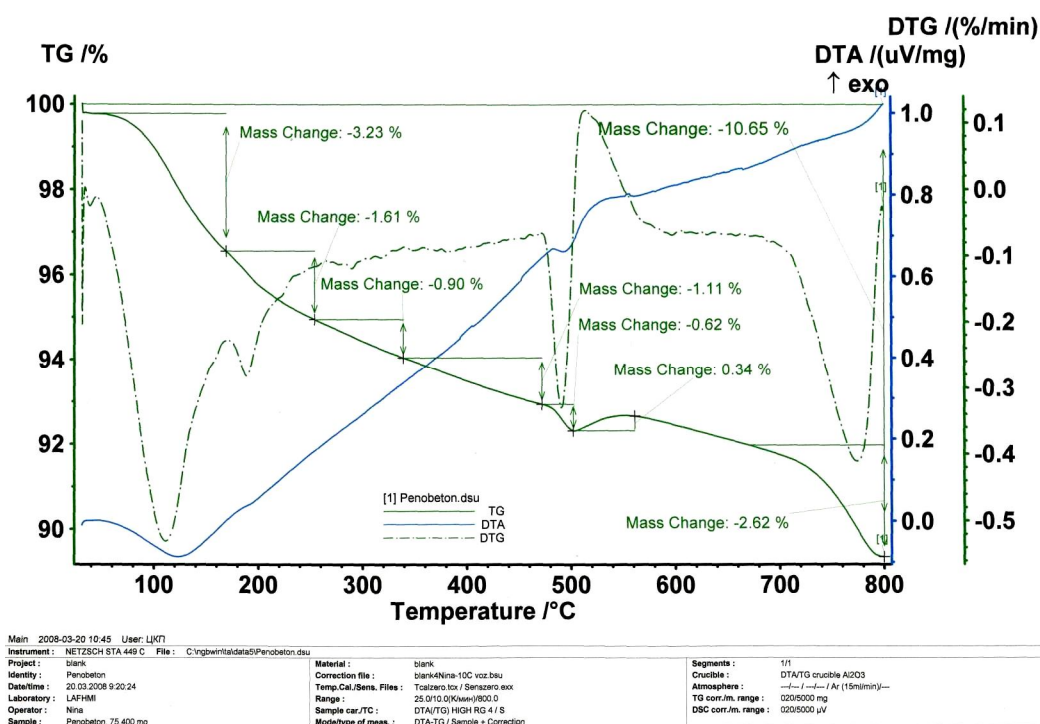


Рис. 4. Термограмма пенобетона

### Заключение

Анализ полученных результатов показал, что доля суммарного объема пор в цементном камне (из цементно-песчано-торфяной смеси) от общего объема пор пенобетона составляет менее 0,4 % и меняется за счет гидратации цемента. Прочность порообразующих перегородок достигается за счет микроармирования песчано-торфяной смеси.

Технология изготовления пенобетона позволяет создать оптимальную структуру пор с минимальными по размеру  $d = 0,051 \cdot 10^{-3}$  м, замкнутыми и примерно одинаковыми по сечению порообразующими перегородками, при средней плотности пенобетона  $\rho = 500$  кг/м<sup>3</sup> и общей пористости пенобетонных образцов - 73-75 %.

### Библиографический список

1. Косач, А. Ф. Технология и производство ячеистых бетонов на основе отходов кварца / А. Ф. Косач, И. Н. Кузнецова, С. В. Данилов, Н. А. Гутарева // Вестник СибАДИ. - 2013. - № 3. - С. 82 - 87.
2. Сартаков, М. П. Применение гуминовых кислот органических субстратов в строительном производстве и их физико-химические характеристики на примере гуминовых кислот торфов Обь-Иртышского междуречья / М. П. Сартаков, А. Ф. Косач, Ю. В. Березкина, Н. А. Гутарева, М. Н. Ванькова // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. - 2011. - № 2. - С. 56-61.

3. Жуков, С. В. Проблема применения золошлаковых отходов в промышленности / С. В. Жуков, М. А. Ращупкина, И. Н. Кузнецова // Проблемы энергосбережения в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах: сборник статей Международной научно-технической конференции. - Пенза: Приволжский Дом знаний, 2012. - С. 73 - 76.

4. Шапошников, Н. Использование принципа автомодалности в технологии производства поризованных композиционных материалов / Н. Шапошников, А. Акимов, А. Елецких // Buletinul Institutului de Cercetări Ştiinţifice în Construcţii al MDRC. - 2012. - N.1, Vol. 2. - С. 44-49.

5. Меркин, А. П. Формирование макроструктуры ячеистых бетонов / А. П. Меркин, А. П. Филин, Д. Г. Земцов // Строительные материалы. - 1963. - № 12 - С. 10 - 12.

6. Дерябин, П. П. Технология строительных изделий из ячеистых бетонов: учеб. Пособие / П. П. Дерябин, В. Ф. Завадский, А. Ф. Косач, В. А. Попов. - Омск: Изд-во СибАДИ, 2004. - 108 с.

7. Королев, А. С. Управление водонепроницаемостью цементных композитов путем направленного уплотнения гидратной структуры цементного камня: монография / А. С. Королев. - Челябинск: Изд-во ЮРГГУ, 2008. - 148 с.

8. Гусев, Б. В. Прочность полидисперсного композиционного материала, типа цементного бетона и особенностей напряженно-деформированного состояния такого материала при действии сжимающих нагрузок / Б. В. Гусев. - М.: ЦИСН, 2003. - 37 с.

### TECHNOLOGY OF FOAMED CONCRETE ON THE BASIS OF PEAT

I. N. Kuznetsova, M. A. Raschupkina,  
S.V. Zhukov

**Abstract.** The article presents the ascertained peculiarities of technology of foamed concrete's production, technological scheme of preparation mortar mix for producing foamed concrete and new technology of producing foamed concretes on a cement - sand - peat mix and foamer. Physical and technical properties of foamed concrete are justified and research results of foamed concrete's samples are presented. There is offered an optimum material consumption for foamed concrete mix. The received results promote improvement of operational and physicomechanical characteristics of foamed concrete.

**Keywords:** foamed concrete, peat, pore-formation, structure, microreinforcing, porosity.

#### References

1. Kosach A. F., Kuznetsova I. N., Danilov S. V., Gutareva N. A. Technology and production of cellular concretes on the basis of quartz waste. *Vestnik SibADI*, 2013, no 3, pp. 82-87.

2. Sartakov M. P., Kosach A. F., Berezkina Y. V., Gutareva N. A., Vankova M. N. *Primenenie guminovykh kislot organicheskikh substratov v stroitelnom proizvodstve i ix fiziko-khimicheskie karakteristiki na primere guminovykh kislot torfov ob-irtyshskogo mezhdurechy* [Use of humic acids of organic substrates in construction production and their physical and chemical characteristics on the example of peats' humic acids of Ob-Irtysh interfluve]. *Vestnik BGTU of V. G. Shukhov*, 2011, no 2, pp. 56-61.

3. Zhukov S.V., Rashchupkina M.A., Kuznetsova I.N. The problem of using bottom ash waste in the industry. *Problemy energosberezheniya v promyshlennom i zhilishhno-kommunalnom kompleksax: sbornik statej mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoy konferencii*. Penza, 2012, pp. 73-76.

4. Shaposhnikov N., Akimov A., Eletsikh A. [Use of the automodality principle in the technology of producing porous composite materials]. *Buletinul Institutului de Cercetări Științifice în Construcții al MDRC*, no.1, Vol. 2, 2012, pp. 44-49.

5. Merkin A.P., Filin A.P., Zemtsov D. G. *Formirovanie makrostruktury yacheistykh betonov* [Formation of a macrostructure of cellular concretes]. *Stroitelnye materialy*, 1963, no 12, pp. 10-12.

6. Deryabin P. P. *Zavodskij V. F., Kosach A. F., Popov V. A. Texnologiya stroitelnykh izdelij iz yacheistykh betonov:*

*ucheb. posobie* [Technology of construction products of cellular concretes ].Omsk. SibADI, 2004, 108 p.

7. Korolev A. S. *Upravlenie vodonepronicaemostyu cementnykh kompozitov putem naprovlennogo uplotneniya gidratnoj struktury cementnogo kamnya* [Control of cement composites' waterproofness by the directed consolidation of a cement stone's hydrate structure]. Chelyabinsk, 2008, 148 p.

8. Gusev B. V. *Prochnost polidispersnogo kompozicionnogo materiala, tipa cementnogo betona i osobennostej napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya takogo materiala pri dejstvii szhimayushhix nagruzok* [Sturdiness of polydisperse composite material, kind of cement concrete and peculiarities of strained and deformed condition of such material under impact of compressive loads]. Moscow, 2003, 39 p.

*Кузнецова Ирина Николаевна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: inkuznecova@mail.ru)*

*Ращупкина Марина Алексеевна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные материалы и специальные технологии» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: manana2003@yandex.ru)*

*Жуков Сергей Владимирович (Россия, г. Омск) – начальник отдела капитального строительства ООО «Капитал-Строй». (644080, г. Омск, 1-я Затонская, 1/1)*

*Kuznetsova I. N. (Russian Federation, Omsk) - Candidate of Technical Sciences, the associate professor The Siberian state automobile and road academy (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: inkuznecova@mail.ru)*

*Raschupkina M. A. (Russian Federation, Omsk) - Candidate of Technical Sciences, the associate professor The Siberian state automobile and road academy (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: manana2003@yandex.ru)*

*Zhukov S. V. (Russian Federation, Omsk) - Head of Capital Construction, LLC "Capital Structure". (644080, Omsk, 1st Zatonskaya, 1.1)*

УДК 624.15

## СПОСОБЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АРМИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

С. А. Матвеев, Е. А. Мартынов

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, Россия, г. Омск

**Аннотация.** Рассмотрены варианты конечно-элементного моделирования армированных конструкций на примере железобетонной плиты с использованием стержневых, пластинчатых и объемных конечных элементов. Приведены результаты определения компонент напряженно-деформированного состояния для каждой расчетной схемы. Сделаны выводы о целесообразности использования вариантов конечно-элементных моделей для различного вида задач: пластинчатая аппроксимация при проектировании и комбинирование стержневых и объемных конечных элементов для научно-исследовательских задач.

**Ключевые слова:** армирование, расчет, конечный элемент, аппроксимация, железобетон.

### Введение

В практике строительства в настоящее время активно применяют армированные материалы. Если раньше такие материалы применяли преимущественно в промышленно-гражданском строительстве, и представлены они были, в первую очередь, железобетоном и строительной фанерой, то в настоящее время номенклатура значительно расширилась.

В сфере гражданского строительства применяют волокнистые и дисперсно-армированные материалы, различного вида и назначения стеклопластики [1], в тоннелестроении все активнее используется фибробетон [2], дорожном строительстве для армирования оснований и слоев дорожной одежды используют геосетки и георешетки [3], имеются разработки по армированию ледовых переправ [4] и т.д.

Методы расчета подобных конструкций развиваются по двум направлениям: экспериментально-теоретические научные исследования для обоснованной методологической базы и практические (инженерные) способы решения, связанные с определенным упрощением расчетных схем и опиранием на экспериментальные исследования.

Бесспорным лидером при изучении напряженно-деформированного состояния армированных конструкций в настоящее время является метод конечных элементов, который практически вытеснил как из научных исследований, так и из практических расчетов аналитические и другие численные методы. Для реализации метода конечных элементов созданы мощные программные

комплексы типа ЛИРА, SCAD, Ansys, NX Nastran, COSMOS и т.п.

Несмотря на все преимущества таких программ, у них есть и очень важный недостаток. Далекое не всегда пользователи понимают принципы расчета, бездумно задавая расчетные схемы, создавая компьютерные модели, которые не отражают реальную работу конструкции. Одной из типовых ошибок при использовании метода конечных элементов является необоснованное использование библиотеки конечных элементов. В результате этого оценка напряженно-деформированного состояния конструкций может быть искажена, что, в конце концов, может привести к авариям зданий и сооружений.

Целью данной статьи является попытка проанализировать влияния способов конечно-элементного моделирования на результаты расчета напряженно-деформированного состояния армированной конструкции.

### Теоретические исследования

В качестве тестовой задачи рассмотрим расчет напряженно-деформированного состояния в сплошной железобетонной плите. Железобетон выбран ввиду того, что он является наиболее распространенным и изученным из армированных материалов, используемых в строительной отрасли.

Плита в плане 6,0x1,2 м и толщиной  $h=0,20$  м шарнирно оперта по двум сторонам (рисунке 1). Бетон класса В25 с начальным модулем упругости  $E_b = 27000$  МПа, коэффициентом Пуассона  $\nu_b = 0,15$ , прочностью при сжатии  $R_b=14,5$  МПа. В качестве продольной и поперечной арматуры

примем стержневую арматуру класса А400 диаметром 10 мм с модулем упругости  $E_s = 2,0 \cdot 10^5$  МПа, коэффициентом Пуассона  $\nu_s = 0,20$  и расчетным сопротивлением  $R_s = 355$  МПа. Шаг стержней арматуры для простоты примем одинаковым в продольном и поперечном направлениях: 100x100 мм. Арматурная сетка располагается в нижней части плиты, защитный слой бетона – 40 мм. Нагрузка равномерно распределенная по площади плиты и составляет  $10 \text{ кН/м}^2$  ( $1 \text{ т/м}^2$ ), что соответствует 10 классу нагрузки. Собственный вес не учитывается.

В результате расчета требуется определить следующие параметры напряженно-деформированного состояния:

- максимальный прогиб;
- максимальные усилия в продольном и поперечном направлениях в бетоне плиты;
- максимальные усилия в продольном и поперечном направлениях в арматуре;
- максимальные растягивающие и сжимающие напряжения в плите.

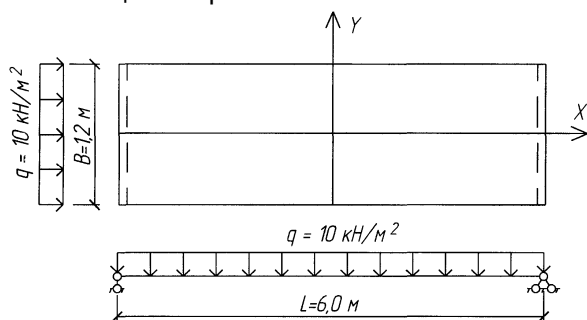


Рис. 1. Расчетная схема плиты

Сформулировав задачу, перейдем к вопросу о методах конечно-элементного моделирования для ее решения.

Наиболее очевидный, а потому и наиболее популярный вид аппроксимации с использованием пластинчатых конечных элементов. Хотя и при этом виде конечно-элементного моделирования имеются варианты. Рассмотрим их.

1) Плита задается в виде изотропных пластинчатых конечных элементов с физико-механическими характеристиками бетона, арматура не участвует в расчете.

2) Плита задается в виде пластинчатых конечных элементов с физико-механическими характеристиками, полученными путем усреднения свойств бетона и арматуры методом осреднения жесткостей (по правилу смесей) [5].

3) Плита задается в виде изотропных пластинчатых конечных элементов с физико-

механическими характеристиками бетона. Арматура задается в виде стержневых конечных элементов в явном виде.

Рассмотрим достоинства и недостатки каждого из вариантов.

Первый вариант имеет наибольшее распространение в практике конструирования и расчета железобетонных конструкций. Он наименее трудозатратен, не требует дополнительных расчетов. Основным аргументом использования такой дискретной схемы заключается в том, что величина усилий не зависит от материала. И это правда. Но есть и недостатки: жесткость такой расчетной схемы отличается от реальной, используя ее нельзя изучать напряженное состояние арматуры, ее влияние на напряженно-деформированное состояние всей конструкции. Поэтому возможность использования данного вида аппроксимации для научных исследований представляется весьма сомнительной.

Во втором варианте один из недостатков устраняется. Жесткость плиты с усредненными свойствами близка к реальной, но остальные недостатки характерные для первого варианта остаются.

Третий вариант в виде комбинации пластинчатых и стержневых конечных элементов на первый взгляд наиболее оптимален. Можно определить и усилие в арматуре, посмотреть, как она влияет на конструкцию в целом. Но это только на первый взгляд. Дело в том, что пластинчатая аппроксимация подразумевает, что узлы конечных элементов совпадают со срединной плоскостью плиты. Срединная плоскость при этом принимается посередине высоты, т.е. не учитывается смещение нейтральной плоскости за счет армирования. При задании стержневой арматуры в этих же узлах мы получим, что и арматура расположена по центру толщины, а не в растянутой зоне. При наличии арматуры и в сжатой, и в растянутой зоне получается полный абсурд.

Рассмотрим численную реализацию данных вариантов конечно-элементного моделирования. Расположим исходную координатную плоскость  $XOY$  так, чтобы ось  $OX$  совмещалась с осью симметрии плиты, параллельной одной из продольных краев плиты длиной  $L$ , а ось  $OY$  - с другой, ей перпендикулярной, параллельной длиной  $B$ . Положительным направлением оси  $OZ$  будем считать направление вниз. Начало координат поместим по центру высоты.

Плита моделировалась четырехузловыми пластинчатыми конечными элементами с шестью степенями свободы в узле:

$u$  – горизонтальное перемещение вдоль локальной оси  $X$ ;

$v$  – горизонтальное перемещение вдоль локальной оси  $Y$ ;

$w$  – вертикальное перемещение (прогиб) вдоль локальной оси  $Z$ ;

$UX$  – угол поворота относительно локальной оси  $X$ ;

$UY$  – угол поворота относительно локальной оси  $Y$ ;

$UZ$  – угол поворота относительно оси  $Z$  общей системы координат.

Степени свободы  $u$ ,  $v$  отвечают мембранным, а  $w$ ,  $UX$ ,  $UY$  – изгибным деформациям. Угол поворота  $UZ$  не входит в число узловых параметров, определяющих деформации элемента и в местной системе координат равен нулю. Эта степень свободы появляется при стыковке элементов, не

лежащих в одной плоскости, и необходима для учета пространственной работы конструкции.

Граничные условия задачи:

$u = 0$ ,  $v = 0$ ,  $w = 0$  при  $X = -L/2$ , что соответствует неподвижному шарниру;

$w = 0$  при  $X = +L/2$ , что соответствует подвижному шарниру.

Размеры пластинчатого конечного элемента в плане приняты  $0,10 \times 0,10$  м. Число узлов во всех вариантах 793, число элементов в первом и втором варианте – 720, по третьему варианту – 1948. Число линейных уравнений с учетом граничных условий – 4706. Обобщенный модуль упругости при втором варианте аппроксимации  $E = 27566$  МПа.

Результаты расчетов плиты методом конечных элементов с помощью пластинчатой аппроксимации приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты расчетов при пластинчатой аппроксимации плиты

Номер варианта схемы	1	2	3
Максимальный прогиб $w$ , мм	9,4	9,2	9,4
Изгибающий момент в бетоне $M_x$ , кН·см/см	45,1	45,1	45,1
Изгибающий момент в бетоне $M_y$ , кН·см/см	0,6	0,6	0,6
Максимальные нормальные напряжения в бетоне $\sigma_x$ , МПа	6,765	6,765	6,765
Максимальные нормальные напряжения в бетоне $\sigma_y$ , МПа	0,090	0,090	0,090
Минимальные нормальные напряжения в бетоне $\sigma_x$ , МПа	-6,765	-6,765	-6,765
Минимальные нормальные напряжения в бетоне $\sigma_y$ , МПа	-0,090	-0,090	-0,090
Усилие в арматуре $N_x$ , кН	---	---	0
Усилие в арматуре $N_y$ , кН	---	---	0

Как видно из результатов расчета при всех видах моделирования усилия и напряжения абсолютно одинаковы. Прогибы по первому и третьему варианту идентичны, поскольку арматура, расположенная по высоте в центре плиты по толщине, т.е. при  $z = 0$ , практически не влияет на ее жесткость. Какое усилие возникает в арматуре, определить не удалось. Следует так же заметить, что чем больше коэффициент армирования, тем будет больше расхождение по прогибам между первым и вторым вариантами.

Другим методом аппроксимации армированной конструкции является использование объемных конечных элементов или комбинация различных их типов.

При использовании объемных конечных элементов можно выделить несколько вариантов аппроксимации железобетонных конструкций:

1) Плита задается в виде изотропных объемных конечных элементов с физико-механическими характеристиками бетона. Арматура не участвует в расчете.

2) Плита задается в виде ортотропных или изотропных объемных конечных элементов с обобщенными физико-механическими характеристиками.

3) Плита задается в виде изотропных объемных конечных элементов с физико-механическими характеристиками бетона. Слой с арматурой задается в виде пластинчатых конечных элементов с обобщенными физико-механическими характеристиками и толщиной, равной диаметру арматуры.

4) Плита задается в виде изотропных объемных конечных элементов с физико-механическими характеристиками бетона. Арматура задается в виде стержневых конечных элементов в явном виде.

Проанализируем достоинства и недостатки каждого из вариантов.

Первый способ по своей сути повторяет первый вариант при пластинчатой аппроксимации плиты. Никаких дополнительных дивидендов, кроме распределения напряжений по толщине он не дает. Затраты труда при создании такой дискретной схемы и время ее расчета по сравнению с пластинчатыми конечными элементами значительно увеличивается. Поэтому данный вид моделирования представляет интерес только гипотетически, но не с точки зрения практики.

Второй вариант использования объемных конечных элементов по сравнению с первым лучше лишь тем, что жесткость такой дискретной схемы ближе к реальной. Все остальные недостатки проявляют и здесь себя в полной мере.

Третий вариант имеет преимущество с первыми двумя. Это связано с тем, что осреднение физико-механических свойств бетона и арматуры производится не по всей толщине, а только в армированном слое. Жесткость такой дискретной схемы еще более близка к реальности, чем второй вид аппроксимации с использованием объемных конечных элементов. Однако дифференцированное исследование напряжений в слое бетона и арматуры и здесь не представляется возможным.

Наиболее перспективным в плане научных исследований представляется четвертый вариант создания дискретных схем. Арматура и бетон задаются в явном

виде, жесткость конструкции максимально приближена к реальной. При данной схеме арматура размещается именно в тех местах, где она фактически и располагается. Возможно задание как горизонтальных и вертикальных арматурных стержней, так и наклонных к продольной оси. К недостаткам данного вида аппроксимации, пожалуй, можно отнести некоторую трудность ее создания.

Рассмотрим численную реализацию описанных выше дискретных схем для решения поставленной задачи. Железобетонная плита моделировалась объемными восьмиузловыми изопараметрическими конечными элементами с тремя степенями свободы в узле  $u, v, w$ , представляющими собой линейные перемещения вдоль осей  $X, Y$  и  $Z$  соответственно.

Размеры конечного элемента в форме параллелепипеда в плане приняты  $0,10 \times 0,10$  м и толщиной  $0,02$  м. Число узлов во всех вариантах 8723, число элементов в первом и втором варианте – 7200, по третьему варианту – 7780, по четвертому варианту – 8428. Число линейных уравнений с учетом граничных условий – 52273. Обобщенный модуль упругости материала плиты во втором варианте  $E = 27566$  МПа. Обобщенный модуль упругости слоя с арматурой в третьем варианте  $E = 38332$  МПа.

Результаты расчетов плиты методом конечных элементов с помощью объемных конечных элементов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов плиты с использованием объемных конечных элементов

Номер варианта схемы	1	2	3	4
Максимальный прогиб $w$ , мм	9,2	9,0	8,7	9,0
Изгибающий момент в бетоне $M_x$ , кН·см/см	39,64	39,64	36,15	38,62
Изгибающий момент в бетоне $M_y$ , кН·см/см	0,72	0,72	0,62	0,83
Максимальные нормальные напряжения в бетоне $\sigma_x$ , МПа	5,946	5,946	5,156	5,690
Максимальные нормальные напряжения в бетоне $\sigma_y$ , МПа	0,108	0,108	0,097	0,138
Минимальные нормальные напряжения в бетоне $\sigma_x$ , МПа	-5,946	-5,946	-5,689	-5,897
Минимальные нормальные напряжения в бетоне $\sigma_y$ , МПа	-0,108	-0,108	-0,093	-0,110
Усилие в арматуре $N_x$ , кН	---	---	---	2,244
Усилие в арматуре $N_y$ , кН	---	---	---	-0,283

Как показывает анализ результатов, на определение максимального прогиба вид конечно-элементной аппроксимации практически не сказывается. Расхождение в

напряжениях по первым двум вариантам также не наблюдается. При третьем варианте все значения оказываются заниженными. Использование четвертого вида



аппроксимации позволило получить значения усилий в арматуре. Причем не только максимальные значения, но и их распределение по длине стержня. При третьем и четвертом варианте происходит смещение нейтральной плоскости плиты, что наиболее точно отражает ее работу.

Мы рассмотрели моделирование материала в упругой стадии. Однако

железобетон, как и ряд других композитных материалов, ведет себя как упруго-пластический материал. В нормах СП 52-101-2003 [6] рекомендуется при расчете по нелинейной деформационной модели использовать трехлинейную или двухлинейную модель бетона (рисунке 2), и двухлинейную модель арматуры.

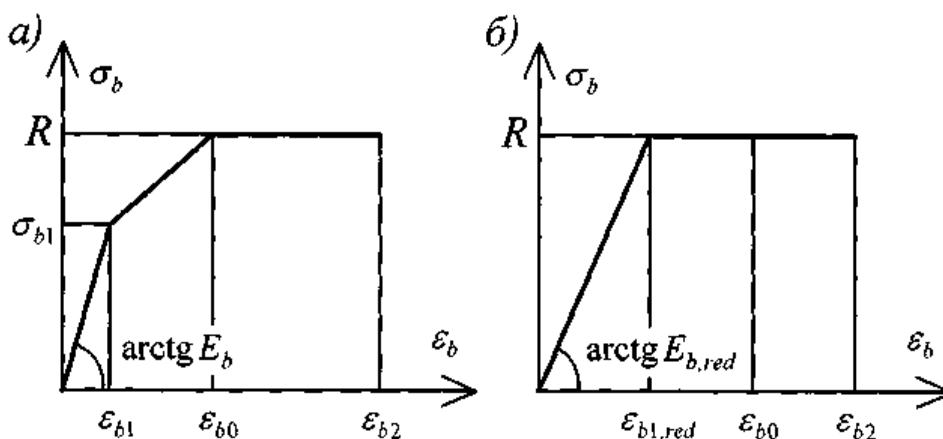


Рис. 2. Диаграммы состояния бетона: а - трехлинейная; б – двухлинейная

Определим влияние нелинейной деформационной модели на напряженно-деформированное состояние только на одной схеме. Используем самый простой вид моделирования железобетона с использованием пластинчатых элементов.

Параметры на диаграммах (рисунок 2) определяются согласно требованиям СП 52-101-2003 [6]. Результаты определения

прогибов и усилий в плите приведены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, учет пластической стадии не сказывается на определении усилий, и весьма существенно сказывается на деформированное состояние конструкции. Разность прогибов по упругой схеме и упруго-пластичной составляет 40 %.

Таблица 3 – Результаты расчетов при разных деформационных моделях

Варианта модели	линейная (упругая)	двух-линейная	трех-линейная
Максимальный прогиб $w$ , мм	9,4	12,9	12,9
Изгибающий момент в бетоне $M_x$ , кН·см/см	45,1	45,1	45,1
Изгибающий момент в бетоне $M_y$ , кН·см/см	0,6	0,6	0,6

### Заключение

В зависимости от поставленной задачи можно рекомендовать следующие виды аппроксимации железобетона.

Если стоит задача расчета и проектирования железобетонных конструкций, то наиболее уместна самая простая схема с применением пластинчатых элементов. При этом учет арматуры приводит к погрешности, которая не превышает точность инженерных расчетов. Значения усилий и при этом оказываются несколько завышенными, что скажется на запасе прочности.

Если же стоит научно-исследовательская задача, когда требуется изучить влияние армирования на напряженно-деформированное состояние конструкции, то уместно рекомендовать использование объемных конечных элементов в сочетании со стержневыми элементами, которые задают арматуру.

Следует обратить внимание на то, что в приведенной тестовой задаче отсутствует упругое основание. Ранее авторами [7, 8] были рассмотрены варианты конечно-элементного моделирования упругого основания и связанные с этим проблемы.

Необходимо отметить, что компьютерные модели, полученные любым из методов аппроксимации, должны проверяться на адекватность путем сопоставления теоретических данных с экспериментальными или полученными по классическим теориям. Только такая проверка позволяет уверенно использовать компьютерную модель для последующих численных исследований конструкции.

Практика применения метода конечных элементов показывает, что часто адекватность дискретных схем проверяется только по перемещениям. На взгляд авторов сопоставление только по перемещениям (в данном задании по прогибам) не всегда достаточно. Для оценки адекватности дискретных схем необходима проверка и по другим критериям.

В настоящей статье не были рассмотрены вопросы моделирования трещин, учета ползучести и ряд других факторов. Современные программные комплексы позволяют моделировать эти процессы. Более полный учет всех технологических и эксплуатационных факторов, позволит более грамотно проектировать и изучать армированные конструкции.

### Библиографический список

1. Рабинович, Ф. Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: монография / Ф. Н. Рабинович – М.: Издательство АСВ, 2004. – 560 с.
2. Русанов, В. Е. Эффективность применения фибробрызгбетона в мосто- и тоннелестроении / В. Е. Русанов // Вестник СибАДИ – 2012. - № 5 (27). – С. 65-68.
3. Матвеев, С. А. Армированные дорожных конструкции: моделирование и расчет / С. А. Матвеев, Ю. В. Немировский – Новосибирск: Наука, 2006. – 348 с.
4. Якименко, О. В. Исследование напряженного состояния и расчет несущей способности армированной ледяной плиты / О. В. Якименко, С. А. Матвеев, В. В. Сиротюк // Вестник СибАДИ – 2014. - № 3 (37). – С. 63-67.
5. Тарнопольский, Ю. М. Пространственно-армированные композиционные материалы: Справочник / Ю. М. Тарнопольский, И. Г. Жигун, В. А. Поляков. – М: Машиностроение, 1987. – 227 с.
6. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.
7. Матвеев, С. А. Способы конечно-элементного моделирования неоднородных грунтов основания / С. А. Матвеев, Е. А. Мартынов // Численные методы решения задач теории упругости и пластичности: Тезисы докладов XXIII Всероссийской конференции / Под ред. акад. В. М.

Фомина. – Новосибирск: Параллель, 2013. – С. 148 - 150.

8. Матвеев, С. А. Моделирование неоднородных оснований при расчете автодорожных эстакад / С. А. Матвеев, Е. А. Мартынов // Транспорт и дороги Казахстана – 2013. – № 4 (54). – С. 2 - 5.

### METHODS OF FINITE-ELEMENT MODELING OF REINFORCED CONSTRUCTIONS

S. A. Matveev, E. A. Martynov

**Abstract.** There are considered variants of finite-element modeling of reinforced constructions on the example of reinforced concrete slab using rod, plate and volume finite elements. The results determining a component of strained and deformed condition for each design scheme. There are drawn conclusions about the reasonability of using variants of finite element models for different type of tasks: plate approximation at design and combination of rod and volume finite elements for the research tasks.

**Keywords:** reinforcement, calculation, finite element, approximation, reinforced concrete.

### References

1. Rabinovich F. N. *Kompozity na osnove dispersno armirovannykh betonov. voprosy teorii i proektirovaniya, texnologiya, konstrukcii* [Composites based on dispersed and reinforced concretes. Issues of the theory and engineering, technology, constructions]. Moscow, 2004, 560 p.
2. Rusanov V. E. *Effektivnost primeneniya fibronabryzgbetona v mosto- i tonnelestroenii* [Efficiency of using fibro shotcrete in bridges and tunnels' building]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 5 (27), pp. 65 - 68.
3. Matveev S. A., Nemirovsky J. V. *Armirovannye dorozhnykh konstrukcii: modelirovanie i raschet* [The reinforced road constructions: modeling and calculation]. Novosibirsk, Nayka, 2006, 348 p.
4. Yakimenko O. V., Matveev S. A., Sirotkin V. V. *Issledovanie napryazhennogo sostoyaniya i raschet nesushhej sposobnosti armirovannoj ledyanoy plity* [Research of strained condition and calculation of carrying capacity of reinforced glacial slab]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 3 (37), pp. 63 - 67.
5. Tarnopolsky Yu. M. Zhigun I. G., Polyakov V. A. *Prostranstvenno-armirovannye kompozitsionnye materialy: spravochnik* [Space-reinforced composite materials: Reference book]. Moscow, Mashinostroenie, 1987, 227 p.
6. SR 52-101-2003. Concrete and reinforced concrete structures without prestressing of armature.
7. Matveev S. A., Martynov E. A. *Sposoby konechno-elementnogo modelirovaniya neodnorodnykh gruntov osnovaniya* [Methods of finite element modeling of inhomogeneous foundation soils]. *Chislennyye metody resheniya zadach teorii uprugosti i plastichnosti: tezisy dokladov xxiii vserossiyskoj konferencii*. Novosibirsk, Parallel, 2013, pp. 148-150.

8. Matveev S. A., Martynov E. A. Modelirovanie neodnorodnykh osnovanij pri raschete avtodorozhnykh estakad [Modeling inhomogeneous foundations at the calculation of overhead roads]. *Transport i dorogi Kazaxstana*, 2013, no 4 (54), pp. 2 - 5.

*Матвеев Сергей Александрович (Россия, Омск) - доктор технических наук, профессор, профессор кафедры "Строительная механика" Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: dfsibadi@mail.ru)*

*Мартынов Евгений Анатольевич (Россия, Омск) - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры "Строительная механика"*

УДК 625.71.8:528.48:658.562

### РАСЧЕТ ДОПУСКОВ НА РАЗБИВКУ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОТМЕТОК ПИКЕТОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С УЧЕТОМ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВА

С. Ю. Столбова

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** Приведены расчеты допусков на разбивку (вынос) вертикальных отметок пикетов на трассу автомобильных дорог от рабочих реперов. За основу расчетов приняты допустимые отклонения вертикальных отметок при детальной разбивке поверхностей конструктивных слоев дорожных одежд с учетом точности технологических процессов их строительства. Приведены нормы точности на разбивку (вынос) вертикальных отметок пикетов при строительстве автомобильных дорог с применением комплектов машин без автоматической и с автоматической системами заданий вертикальных отметок. Для обеспечения заданной точности геометрических параметров оснований и покрытий автомобильных дорог при строительстве необходимо осуществлять налаживание технологических процессов по их устройству по среднеквадратическим погрешностям с доверительными вероятностями  $P=0,9$  или  $P=0,95$ .

**Ключевые слова:** автомобильные дороги, конструктивные слои, дорожная одежда, допуски на разбивку (вынос) пикетов, технологические процессы.

#### Введение

Одним из основных показателей качества современного строительства является точность геометрических параметров конструкций зданий и сооружений. При проектировании зданий, сооружений и их отдельных элементов, разработке технологии изготовления элементов и возведения зданий и сооружений следует предусматривать, а в производстве – применять необходимые средства и правила технологического обеспечения точности, согласно ГОСТ 21778-81 [1]. Нормы точности геометрических параметров конструкций зданий и сооружений регламентируются в стандартах (ГОСТах), СНиП, СП и проектно-конструкторской документации. Показатели точности геометрических параметров конструктивных слоев автомобильных дорог

*Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: asp\_ev@mail.ru)*

*Matveev S. A. - (Russian Federation, Omsk) – Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Professor, The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e – mail: dfsibadi@mail.ru)*

*Martynov E. A. (Russian Federation, Omsk) - Candidate of Technical Sciences, the associate professor The Siberian state automobile and road academy (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e – mail: asp\_ev@mail.ru)*

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.

Точность высотного положения оснований и покрытий дорожных одежд регламентируется следующим образом: 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 значений до  $\pm 100$  (20)мм, а остальные до  $\pm 50$ (10)мм, где данные в скобках относятся к работам, выполненным с применением комплекта машин с автоматической системой задания вертикальных отметок.

Регламентация значений амплитуд (разностей) вертикальных отметок изложена в разделе 14 «Приемка выполненных работ (в табл.17,п.14.5), где приведены предельные допускаемые значения амплитуд вертикальных отметок на завершённые строительством конструктивные слои дорожных одежд при нивелировании их с шагами через 5,10 и 20 метров. Определение абсолютных или относительных вертикальных отметок, согласно [2] и межгосударственного стандарта ГОСТ 30412-96 [3], рекомендовано выполнять путем нивелирования через 5 м. При этом, согласно [2] п.14.5, 90 % определений должны быть в пределах указанных в таблице 17, а 10 % определений не должны превышать эти значения более чем в 1,5 раза.

Пояснений о применении шагов нивелирования через 10 и 20 метров, при определении вертикальных отметок конструктивных слоев дорожных одежд, в [2] нет. Таким образом, согласно СНиП 3.06.03-85 [2], регламентируются допускаемые отклонения вертикальных отметок от проектных и значения амплитуд (алгебраических разностей) вертикальных отметок их поверхностей. Норм точности в СНиП [2] на разбивочные работы нет, в отличие от ранее действующих нормативных документов по правилам производства и приемке работ при строительстве автомобильных дорог [4-5], где были указаны допускаемые отклонения (предельные погрешности) на разбивочные и строительные работы. Для обеспечения точности высотного положения конструктивных слоев оснований и покрытий автомобильных дорог необходимо обоснование допусков точности:

- 1) проложения нивелирных ходов при изыскании автомобильных дорог с закреплением (вне зоны земляных работ при строительстве дорог) рабочих реперов;
- 2) разбивки вертикальных отметок пикетов от рабочих реперов на трассу автомобильных дорог при их строительстве;
- 3) детальной разбивки вертикальных отметок поверхностей конструктивных слоев оснований и покрытий от ранее вынесенных вертикальных отметок пикетов автомобильных дорог;
- 4) геодезического контроля при устройстве конструктивных слоев дорожных одежд, приемке и оценке качества строительных работ.

#### Расчет допусков на разбивку (вынос) вертикальных отметок пикетов от рабочих реперов на трассу автомобильных дорог

Методика расчета и обоснование допусков на строительные работы и геодезический контроль при устройстве конструктивных слоев дорожных одежд с учетом точности технологических процессов, при распределении их погрешностей по нормальному закону, изложена в работе [6].

Для расчета допусков на строительные работы и геодезический контроль при устройстве оснований и покрытий автомобильных дорог в [6] приняты регламентируемые значения амплитуд (алгебраических разностей) вертикальных отметок их поверхностей при разных шагах нивелирования (с учетом применения комплектов машин без автоматической и с автоматической системами задания вертикальных отметок) и коэффициенты точности технологических процессов  $T_n$ .

Точность технологических процессов по устройству конструктивных слоев дорожных одежд  $T_n$  и их геодезического контроля  $T_k$  определяется по выражениям:

$$T_n = \delta_n / m_T; \quad (1)$$

$$T_k = \delta_k / \Delta_n, \quad (2)$$

где  $\delta_k$  - допускаемое 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, согласно [7-8], по формуле:

$$\delta_k = T_k \Delta_n = T_k 2\delta_n. \quad (3)$$

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 [9]. Они показали, что погрешности устройства конструктивных слоев дорожных одежд соответствуют закону нормального распределения.

При возведении сооружений влияние погрешностей 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 разбивочных работ.

Анализируя, приведенные нормы точности геометрических параметров высотного положения оснований и покрытий автомобильных дорог в СНиП 3.06.03-85 [2], 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  $P=0,95$ .

Обоснование точности детальной разбивки вертикальных отметок поверхностей конструктивных слоев дорожных одежд, от ранее вынесенных пикетов на трассу автомобильных дорог, приведено в работе [10]. Исходной основой для расчета допусков приняты регламентируемые допускаемые отклонения (предельные погрешности) вертикальных отметок от проектных с учетом точности технологических процессов устройства оснований и покрытий автомобильных дорог.

Допускаемые отклонения (предельные погрешности) детальной разбивки вертикальных отметок, согласно [10], (для комплектов машин без автоматической и с автоматической системами задания вертикальных отметок) с учетом коэффициентов точности процессов устройства оснований и покрытий дорожных одежд и имеют значения:

1) при использовании комплекта машин без автоматической системы задания вертикальных отметок

$$T_n=1,0 \quad \delta_{гн}=0,45* \delta_n =0,45*50=22,5 \text{ мм};$$

$$T_n=1,5 \quad \delta_{гн}=0,55* \delta_n =0,55*50=27,5 \text{ мм};$$

$$T_n=2,0 \quad \delta_{гн}=0,9* \delta_n =0,9*50=45,0 \text{ мм}.$$

2) при использовании комплекта машин с автоматической системой задания вертикальных отметок

$$T_n=1,0 \quad \delta_{гн}=0,45* \delta_n =0,45*10=4,5 \text{ мм};$$

$$T_n=1,5 \quad \delta_{гн}=0,55* \delta_n =0,55*10=5,5 \text{ мм};$$

$$T_n=2,0 \quad \delta_{гн}=0,9* \delta_n =0,9*10=9,0 \text{ мм}.$$

Точность геодезических работ при выносе вертикальных отметок пикетов на трассу автомобильных дорог зависит от коэффициентов точности технологических процессов при детальной разбивке поверхностей оснований и покрытий дорожных одежд и принятия доверительных вероятностей обеспечения допускаемых отклонений.

Коэффициент точности технологического процесса  $T_n$  – это коэффициент соотношения нормируемой предельной погрешности к фактической среднеквадратической погрешности (апостериори), подобный нормируемому множителю  $t$  ( $t= \delta/m$ ) при переходе от предельной к среднеквадратической погрешности (априори), согласно [11].

В настоящей статье рассматривается расчет допусков на разбивку (вынос) вертикальных отметок пикетов от рабочих реперов на трассу автомобильных дорог с учетом точности технологических процессов при их строительстве. При этом расчет допусков осуществляется путем решения обратной задачи, где за основу расчета принимается необходимая точность (допускаемые отклонения или предельные погрешности) детальной разбивки вертикальных отметок конструктивных слоев дорожных одежд с учетом коэффициентов точности технологических процессов их выполнения и принятия доверительных вероятностей  $P$ .

При коэффициенте точности детальной разбивки вертикальных отметок  $T_{гн}=1,64$  значение доверительной вероятности  $P=0,9$ , а при  $T_{гн}=2,0$  значение  $P=0,95$ .

При предельной величине выхода погрешностей за границу поля допуска (в пределах 10 % от допуска), согласно приведенных графиков в работах [7-8], коэффициент точности геодезических измерений (контроля)  $T_{кв}=0,305$  при  $T_{гн}=1,64$ , а  $T_{кв}=0,45$  при  $T_{гн}=2,0$ . Тогда предельные погрешности разбивки (выноса) вертикальных отметок пикетов от рабочих реперов на трассу автомобильных дорог соответственно определяются по выражениям:

$$\delta_{вн}=0,305*2\delta_{гн}=0,61* \delta_{гн}; \quad (4)$$

$$\delta_{вн}=0,45*2\delta_{гн}=0,9* \delta_{гн}. \quad (5)$$

Среднеквадратические погрешности разбивки (выноса) вертикальных отметок пикетов при разных коэффициентах точности детальной разбивки  $T_{гн}$  и коэффициентов точности устройства конструктивных слоев

дорожных одежд  $T_n$  будут иметь соответственно следующие значения:

1) при использовании комплекта машин без автоматической системы задания вертикальных отметок

$$T_n=1,0; T_{гн}=1,64; T_{вн}=2,0; \delta_{гн}=22,5 \text{ мм};$$

$$m_{гн}=0,61*22,5=13,71\text{мм};$$

$$m_{вн}=0,9*13,71=12,34\text{мм};$$

$$T_n=1,0; T_{гн}=2,0; T_{вн}=2,0; \delta_{гн}=22,5 \text{ мм};$$

$$m_{гн}=0,5*22,5=11,25 \text{ мм};$$

$$m_{вн}=0,9*11,25=10,12\text{мм};$$

$$T_n=1,5; T_{гн}=1,64; T_{вн}=2,0; \delta_{гн}=27,5 \text{ мм};$$

$$m_{гн}=0,61*27,5=16,78 \text{ мм};$$

$$m_{вн}=0,9*16,78=15,10\text{мм};$$

$$T_n=1,5; T_{гн}=2,0; T_{вн}=2,0; \delta_{гн}=27,5 \text{ мм};$$

$$m_{гн}=0,5*27,5=13,75 \text{ мм};$$

$$m_{вн}=0,9*13,75=12,38\text{мм};$$

$$T_n=2,0; T_{гн}=1,64; T_{вн}=2,0; \delta_{гн}=45,0 \text{ мм};$$

$$m_{гн}=0,61*45,0=27,45\text{мм};$$

$$m_{вн}=0,9*27,45=24,70\text{мм};$$

$$T_n=2,0; T_{гн}=2,0; T_{вн}=2,0; \delta_{гн}=45,0 \text{ мм};$$

$$m_{гн}=0,5*45,0=22,5\text{мм};$$

$$m_{вн}=0,9*22,5=20,25\text{мм};$$

2) при использовании комплекта машин с автоматической системой задания вертикальных отметок

$$T_n=1,0; T_{гн}=1,64; T_{вн}=2,0; \delta_{гн}=4,5 \text{ мм};$$

$$m_{гн}=0,61*4,5=2,74\text{мм}; m_{вн}=0,9*2,74=2,47\text{мм};$$

$$T_n=1,0; T_{гн}=2,0; T_{вн}=2,0; \delta_{гн}=4,5 \text{ мм};$$

$$m_{гн}=0,5*4,5=2,25\text{мм}; m_{вн}=0,9*2,25=2,02\text{мм};$$

$$T_n=1,5; T_{гн}=1,64; T_{вн}=2,0; \delta_{гн}=5,5 \text{ мм};$$

$$m_{гн}=0,61*5,5=3,36 \text{ мм}; m_{вн}=0,9*3,36=3,02\text{мм};$$

$$T_n=1,5; T_{гн}=2,0; T_{вн}=2,0; \delta_{гн}=5,5 \text{ мм};$$

$$m_{гн}=0,5*5,5=2,75\text{мм}; m_{вн}=0,9*2,75=2,48\text{мм};$$

$$T_n=2,0; T_{гн}=1,64; T_{вн}=2,0; \delta_{гн}=9,0 \text{ мм};$$

$$m_{гн}=0,61*9,0=5,49\text{мм}; m_{вн}=0,9*5,49=4,94\text{мм};$$

$$T_n=2,0; T_{гн}=2,0; T_{вн}=2,0; \delta_{гн}=9,0 \text{ мм};$$

$$m_{гн}=0,5*9,0=4,5\text{мм}; m_{вн}=0,9*4,5=4,05\text{мм}.$$

### **Заключение**

Рассчитанные значения допусков на разбивку вертикальных отметок пикетов от рабочих реперов на трассу автомобильных дорог позволяют обеспечить заданную точность конструктивных слоев дорожных одежд. Для обеспечения заданной точности геометрических параметров оснований и покрытий автомобильных дорог при

строительстве, приемке и оценке качества работ необходимо осуществлять налаживание технологических процессов по их устройству по среднеквадратическим погрешностям соответственно с доверительными вероятностями  $P=0,9$  или  $P=0,95$ .

### **Библиографический список**

1. ГОСТ 21778-81 (СТ СЭВ 2045-79). Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения. – Введ. 1980-12-02. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 9 с.

2. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги: утв. Комитетом Совета Министров СССР по делам строительства (Госстрой СССР). – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 106 с.

3. ГОСТ 30412-96. Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерения неровностей оснований и покрытий. Введ. 1997 – 01 – 01. М.: Изд-во стандартов, 1996. – 7с.

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. 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.

7. Столбов, Ю. В. Основы расчета и анализа точности возведения сборных зданий и сооружений : учеб. пособие / Ю. В. Столбов. – Омск: СибАДИ, 1981. – 63 с.

8. Столбов, Ю. В. Статистические методы контроля качества строительного-монтажных работ. – М.: Стройиздат, 1982. – 87 с.

9. 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.

10. Столбов, Ю. В. Обоснования и обеспечение необходимой точности детальной разбивки вертикальных отметок конструктивных слое дорожных одежд / Ю. В. Столбов, С. Ю. Столбова, Д. О. Нагаев, Л. А. Пронина // Омский научный вестник. – 2012. – № 2 (114). – С. 261-263.

11. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Изд. 4-е доп. учебное пособие для вузов- М.: Высшая школа, 1972. – 368 с.

**CALCULATION OF TOLERANCES FOR LAYING OUT VERTICAL MARKS OF PICKETS OF MOTOR ROADS TAKING INTO ACCOUNT ACCURACY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF THEIR BUILDING**

S. Yu. Stolbova

**Abstract.** The article presents calculations of tolerances for laying out vertical marks of pickets on motor roads' route from working reference points. The assumed deviations of vertical marks under detailed laying out pavements' surfaces of constructive layers, taking into account accuracy of technological processes of their building, are taken as the basis of calculations. The article presents norms of accuracy for laying out vertical marks of pickets at building motor roads using set of machines without automatic and with automatic systems of vertical marks. For ensuring specified accuracy of geometrical parameters of motor roads' bases and coverings at building it is necessary to adjust technological processes according to their device on root-mean-square inaccuracies with confidence probabilities  $P=0,9$  or  $P=0,95$ .

**Keywords:** motor roads, constructive layers, pavement, tolerances for laying out pickets, technological processes.

**References**

1. GOST 21778 - 81 (СТ СЭВ 2045-79). *System of ensuring accuracy of geometrical parameters in building. Fundamental principles*. Vved. 1980-12-02. Moscow, 1981, 9 p.
2. SNIP (construction rules and regulations) 3.06.03-85. Motor roads: approved by the USSR Committee of the council of ministers on building affairs (Gosstroy of the USSR). Moscow, 1985, 106 p.
3. GOST 30412 - 96. *Motor roads and airdromes. Methods for measuring roughnesses of the bases and coverings*. Moscow, 1996, 7 p.
4. SNIP III-D.5 - 62. *Motor roads. Rules of construction's organization and work production. Acceptance for operation*. Gosstroy of the USSR. Moscow, Stroyizdat, 1963, 87p.
5. SNIP III-D.5 - 73. *Motor roads. Rules for production and acceptance of works. Acceptance for operation*. Gosstroy of the USSR. Moscow, Stroyizdat, 1973, 89 p.

6. Stolbov Yu. V., Stolbova S. Yu., Nagaev D. O., Kokulenko K. S. Obosnovanie dopuskov na stroitelnye i geodezicheskie raboty dlya obespecheniya vysotnogo polozheniya osnovanij i pokrytij avtomobilnyx dorog [Justification of admissions for construction and geodetic works for ensuring high-altitude position of bases and coverings of motor roads]. *Izvestiya vuzov. Stroitelstvo*, 2010, no 9, pp. 75-80.

7. Stolbov Yu. V. *Osnovy rascheta i analiza tochnosti vozvedeniya sbornyx zdaniy i sooruzhenij: ucheb. Posobie* [Bases of calculation and analysis of accuracy of constructing precast buildings and structures: textbook]. Omsk, SibADI, 1981, 63 p.

8. Stolbov Yu. V. *Statisticheskie metody kontrolya kachestva stroitelno-montazhnyx rabot* [Statistical methods of quality control of construction and assembly works]. Moscow, Stroyizdat, 1982, 87 p.

9. Stolbov Yu. V., Stolbova S. V., Nagaev D. O. Issledovanie tochnosti vysotnogo polozheniya poverxnostej konstruktivnyx sloev dorozhnyx odezhd pri raznyx shagax nivelirovaniya [Research of accuracy of high-altitude position of pavements' surfaces of constructive layers at different steps of leveling]. *Izvestiya vuzov. Stroitelstvo*, 2013, no 8, pp.84 - 88.

10. Stolbov Yu. V., Stolbova S. V., Nagaev D. O., Pronin L. A. Obosnovaniya i obespechenie neobxodimoj tochnosti detalnoj razbivki vertikalnyx otmetok konstruktivnyx sloe dorozhnyx odezhd [Justifications and ensuring necessary accuracy of detailed laying out vertical marks of constructive layers of pavements]. *Omskij nauchnyj vestnik*, 2012, no 2 (114), pp. 261 - 263.

11. Gmurman V. E. *Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika* [Probability theory and mathematical statistics]. Moscow, 1972, 368 p.

Столбова Светлана Юрьевна (Россия, Омск) - кандидат технических наук, доцент, завидущая кафедрой Недвижимость и строительный бизнес Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: sssu0810@mail.ru)

Stolbova S. Yu. (Russian Federation, Omsk) - Candidate of Technical Sciences, the associate professor The Siberian state automobile and road academy (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: sssu0810@mail.ru)

УДК 620.172.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ НЕСУЩЕЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СЕТКИ ИЗ СТАЛИ 12Х18Н9Т В СОСТАВЕ ПЛАСТИНЧАТО-СЕТЧАТОЙ ПАНЕЛИ

М. А. Федорова, З. Н. Соколовский

Омский государственный технический университет (ОмГТУ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** Приводятся результаты экспериментального исследования диаграммы растяжения металлической тканой сетки из нержавеющей стали 12Х18Н9Т и экспериментально-теоретической оценки величины максимальных остаточных напряжений в нитях сетки после сборки. Показано существенное различие механических характеристик сетки в сравнении с характеристиками исходного материала. Анализируются причины этого различия. В заключении, на основе обобщённых полученных экспериментальных значений механических характеристик приводится билинейная аппроксимация диаграммы растяжения сетки.

**Ключевые слова:** металлическая сетка, модуль упругости, предел текучести, предел упругости, остаточные напряжения.

### Введение

Металлическая сетка 1-0.9-0.22, изготавливаемая по ГОСТ 3826-82 из нержавеющей стали 12Х18Н9Т, является несущим элементом пластинчато-сетчатой панели (ПСП) [1], предназначенной для шумо- и виброизоляции. Сетка, на которую крепятся металлические пластины, является основой крепления звукопоглощающего материала (слои ткани из базальтового волокна), обеспечивает всей конструкции гибкость, вместе с пластинами является виброгасителем, обеспечивает необходимую прочность.

При изготовлении сетки нити натягиваются и изгибаются, а также подвергаются термическим воздействиям. Поэтому механические характеристики сетки отличаются от соответствующих характеристик исходной нити, которые, в свою очередь, отличаются от характеристик исходного материала вследствие нагартовки и термообработки проволоки. Без определения механических свойств сетки невозможен ее расчет в составе ПСП [2,3], что и определяет актуальность задачи, проводимых авторами исследований. Расчеты обычно производят на базе билинейной диаграммы растяжения.

### Экспериментальные результаты

Необходимые параметры:

$E_{эфф}^{прсет}$  – эффективный модуль упругости проволоки, извлеченной из сетки, на растяжение, который, очевидно, должен быть

меньше исходного модуля материала  $E$  вследствие ее кривизны и предварительного пластического деформирования проволоки;

$E_{эфф}^{сет}$  – эффективный модуль упругости сетки на растяжение;

$\sigma_{0,2}^{прсет}$ ,  $\sigma_{0,2}^{сет}$  – условный предел текучести проволоки, извлеченной из сетки, и условный предел текучести сетки, соответственно;

$\sigma_B^{прсет}$ ,  $\sigma_B^{сет}$  – предел прочности проволоки, извлеченной из сетки, и предел прочности сетки, соответственно;

$\delta$  – относительное удлинение при разрыве;

$\sigma_{max}^{сет}$  – максимальные остаточные напряжения в проволоке сетки на момент начала ее эксплуатации в составе ПСП;

$\sigma_{лц}^{прсет}$  – предел пропорциональности проволоки в составе сетки, значение которого необходимо для расчетов по линейной модели;

$\sigma_{лц}^{сет}$  – предел пропорциональности сетки.

Исследовалась сетка из стали 12Х18Н9Т с размером стороны ячейки в свету 0,9 мм и диаметрами проволок основы и утка  $d = 0,22$  мм [4]. Справочные данные [5,6] по исходным механическим характеристикам материала приведены в таблицах 1 и 2, достаточно разнятся и могут быть использованы лишь как ориентирующие.



Таблица 1 – Механические характеристики стали 12Х18Н9Т по ГОСТ 18143-72 [5]

Марка стали	Диаметр проволоки	Термообработанная			Холоднотянутая
		Временное сопротивление разрыву, Н/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение, %; при расчётной длине образца 100 мм		
			1 класс	2 класс	
12Х18Н9Т	0.20 – 1.00	590 – 880	не менее		1130 – 1470
			25	20	

Таблица 2 – Механические свойства листа стали 12Х18Н9Т в зависимости от степени пластической деформации [6]

Степень обжатия, %	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\sigma_b$ (МПа)	$\delta$ (%)
Закалка 1050 °С, вода			
0	280 - 400	550 - 650	40 - 50
30	900	950	12
70	1150	1250	3

Модуль упругости стали по справочным данным –  $E = 1,8 \cdot 10^5$  МПа.

Для определения механических свойств сетки авторы испытывали на растяжение непосредственно сетку и извлеченные из сетки проволоочки (рисунок 1).

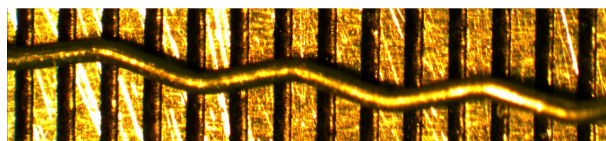


Рис. 1. Внешний вид проволоки, извлечённой из сетки 1-0.9-0.22 12Х18Н9Т

Извлеченные проволоочки практически сохраняли кривизну, приобретенную при плетении (при исходной толщине сетки

$h = 2d \approx 0,44$  мм соответствующий размер извлеченной проволоки составил 0,39 мм). Это свидетельствует о наличии значительных остаточных напряжений  $\sigma_{max}^{ост}$  в проволоке.

Промером извлеченной проволоки оценивался ее радиус кривизны и длина волны, которые затем использовались в расчетной части исследования, где нить сетки моделировалась стержнем постоянной начальной кривизны.

Эксперименты проводились на испытательной машине ZWICK/ROELL Z010 рисунок 2 и на стенде, схема и фото которого представлена рисунке 3.



а)



б)

Рис. 2. Фото испытания сетки на ZWICK/ROELL Z010: а) внешний вид испытательной машины, б) испытание на растяжение куса сетки

В испытаниях на машине в осях:  $\sigma$  - условное напряжение растяжения одной нити и  $\varepsilon$  - относительное удлинение, строились диаграммы растяжения, как извлеченной проволоки, так и куска сетки. Обработкой полученных графиков определялись  $E_{эфф}^{пр\ сет}$ ,  $E_{эфф}^{сет}$ ,  $\sigma_{0,2}^{пр\ сет}$ ,  $\sigma_{0,2}^{сет}$ ,  $\sigma_B^{пр\ сет}$ ,  $\sigma_B^{сет}$ ,  $\delta$ . В результате получено:

– для извлеченных проволок без предварительного растяжения

$$E_{эфф}^{сет} = (1,34...1,5) \cdot 10^4 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_{0,2}^{пр\ сет} = (238...307) \text{ МПа,}$$

$\sigma_B^{пр\ сет} = (806...846) \text{ МПа, } \delta = (31,2...32,2)\%$  ;  
– для извлеченных проволок с предварительным растяжением  $\sigma \approx 560 \text{ МПа}$  после разгрузки и последующей нагрузки

$$E_{эфф}^{пр\ сет} = (2,2...2,4) \cdot 10^4 \text{ МПа,}$$

$\sigma_B^{пр\ сет} = (806...826) \text{ МПа, } \delta = (11,9...19,6)\%$  ;  
– для сетки

$$E_{эфф}^{сет} = (1,33...1,38) \cdot 10^4 \text{ МПа, } \sigma_{0,2}^{сет} = (200...346) \text{ МПа,}$$

$$\sigma_B^{сет} = (638...660) \text{ МПа, } \delta = (17,3...24,1)\% .$$

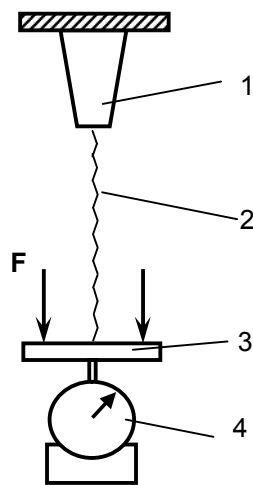


Рис. 3. Схема и общий вид установки для испытаний извлеченной проволоки на растяжение: 1 – зажим, 2 – испытываемая проволока, 3 – платформа для грузов, 4 – микрометр

В опытах на установке рисунке 3 нагрузка  $F$  изменялась пошагово. На каждом шаге нагружения фиксировалось напряжение растяжения  $\sigma_i$ , относительное удлинение  $\varepsilon_i$  после нагружения и после разгрузки.

Строилась диаграмма деформирования  $\sigma_i - \varepsilon_i$ , определялся секущий модуль упругости при нагружения  $E_i^H$  и модуль упругости при разгрузке  $E_i^P$ . На рисунке 4 представлены экспериментальные значения  $\sigma_i - \varepsilon_i$

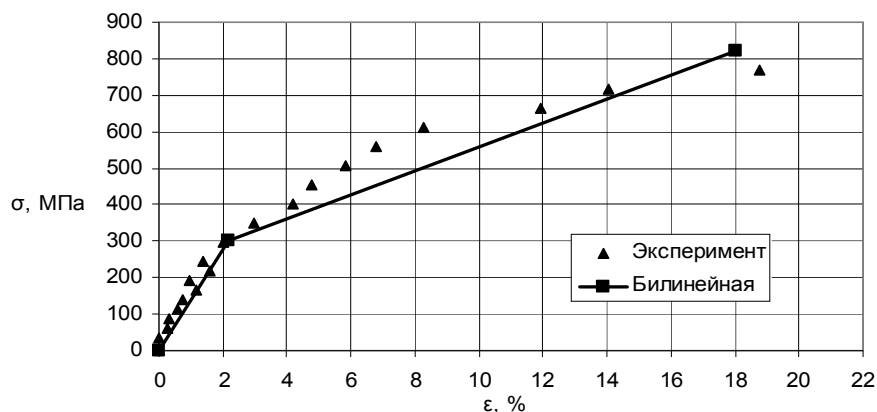


Рис. 4. Диаграмма растяжения извлеченной нити

При оценке предела пропорциональности  $\sigma_{\text{ПЦ}}^{\text{пр ссм}}$  принято, что его значение примерно

соответствует отклонению  $E_i^H$  от  $E_i^P$   

$$\Delta = \frac{E_i^P - E_i^H}{E_i^P} \cdot 100\% \text{ не более } 25\% [7].$$

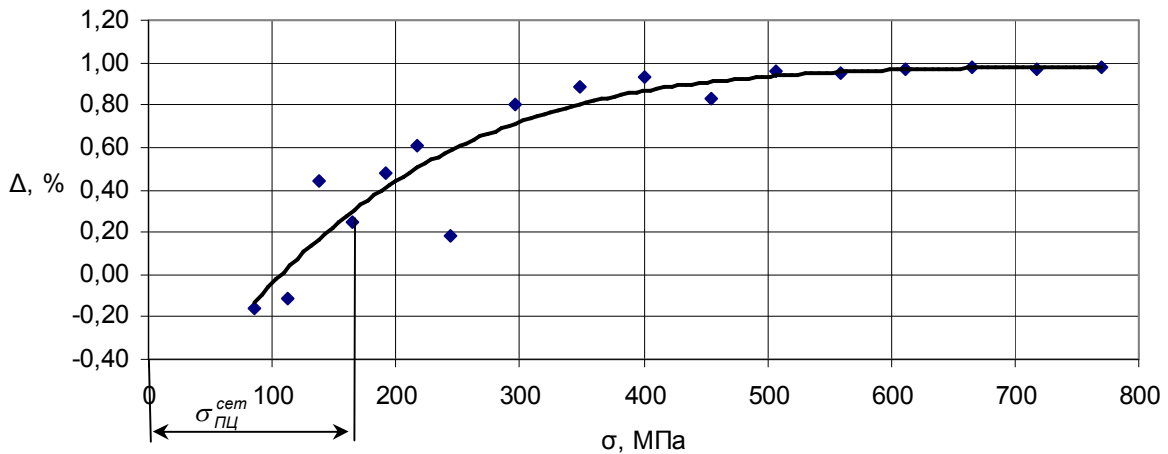


Рис. 5. Зависимость  $\Delta$  от  $\sigma$

В результате получено  $\sigma_{\text{ПЦ}}^{\text{пр ссм}} \approx 160$  МПа (см. рисунок 5). При этом среднее значения модуля упругости при нагрузке извлеченной проволоки при  $\sigma < 160$  МПа составило  $E^H \approx 1,37 \cdot 10^4$  МПа, т.е. практически совпало со значением  $E_{\text{эфф}}^{\text{пр ссм}}$  для извлеченных проволок без предварительного растяжения и результатами испытания сетки  $E_{\text{эфф}}^{\text{сет}}$  на машине ZWICK/ROELL Z010. Условный предел текучести сетки из известного соотношения для стали  $\sigma_{0,2} \approx \frac{\sigma_{\text{ПЦ}}}{0,5 \dots 0,7} \approx (228 \dots 300)$  МПа и тоже

соответствует опытным данным  $\sigma_{0,2}^{\text{сет}}$ . Такое согласование данных даёт основания полагать, что для оценки прочностных характеристик сетки достаточно испытать проволочку, извлечённую из сетки.

Предполагаем, что полученное в опытах для извлеченных проволок с предварительным растяжением значение  $E_{\text{эфф}}^{\text{сет}} = 2,3 \cdot 10^4$  МПа =  $E$ . При нагрузке, соответствующей  $\sigma_{\text{ПЦ}} \approx 160$  МПа расчетным путем в линейной постановке определены максимальные напряжения в круговом стержне с геометрическими параметрами извлеченной проволоки. Они составили  $\sigma_{\text{max}} = 517$  МПа. Расчетное значение соответственно для исходного

материала  $\sigma_{\text{ПЦ расч}} \approx \sigma_{\text{max}} + \sigma_{\text{ПЦ}} = 677$  МПа. Этот результат примерно соответствует справочным данным при степени обжатия 20...30 % (таблица 2). Значит максимальные остаточные напряжения в извлеченной проволоке  $\sigma_{\text{max}}^{\text{сет}} \approx \sigma_{\text{max}} \geq 517$  МПа. Т.е. для значительной части сечения  $E^H < E$  (из опыта при  $\sigma_i = 517$  МПа,  $E_i^H \approx 4 \cdot 10^3$  МПа). Расчетное  $E^H$  с учетом остаточной кривизны проволоки  $E_{\text{эфф расч}}^{\text{сет}} = 1,28 \cdot 10^4$  МПа и очень близко к опытному значению. Все сказанное в совокупности объясняет почти 10-кратное уменьшения эффективного модуля растяжения сетки в сравнении с исходным модулем. Подобное уменьшение модуля упругости после пластической деформации отмечено авторами [8].

В опытах на растяжение сетки  $\sigma_B^{\text{сет}} \approx 650$  МПа,  $\sigma_{0,2}^{\text{сет}} \approx 300$  МПа. Уменьшение  $\sigma_B^{\text{сет}}$  в сравнении с результатами испытаний извлеченной проволоки объясняется неравномерным распределением нагрузки между проволочками. Относительное удлинение при разрыве извлеченной проволоки несколько выше справочных значений для исходной стали, видимо из-за распрямления изначально искривленной нити.

В заключении рассмотрим построение билинейной диаграммы растяжения для сетки, необходимой для расчетов прочности ПСП.

Приняв  $E_{эфф}^{сет} \approx 1,37 \cdot 10^4$  МПа, вычисляем относительное удлинение

$$\varepsilon(\sigma_{0,2}) = \frac{300}{1,37 \cdot 10^4} \cdot 100 \approx 2,18\% . \quad \text{Билинейная}$$

аппроксимация диаграммы растяжения сетки приведена на рисунке 5, где принято  $\delta = 18\%$ .

#### Заключение

Жесткость и прочность сетки не может быть рассчитана на базе справочных данных для исходной стали.

1) Механические характеристики сетки могут быть определены после обмера и испытаний извлеченной из сетки проволоки без распрямления.

2) Эффективные модуль упругости, условный предел текучести и предел прочности нити сетки определяются из диаграммы растяжения извлеченной нити с разгрузкой после каждого шага нагружения.

3) Эффективный предел пропорциональности оценивается как среднее напряжение растяжения, при котором модули нагрузки и разгрузки не отличаются больше чем на 25 %.

4) Остаточные напряжения в проволоке сетки определяются расчетом стержня с круговой осью как максимальные напряжения при нагрузке, соответствующей эффективному пределу пропорциональности.

5) При предварительной оценке жесткости сетки на растяжение эффективный модуль упругости следует считать как (1/10...1/15) от модуля упругости исходной стали.

6) С целью увеличения предела прочности сетки целесообразно перед эксплуатацией предварительно растянуть сетку при напряжениях, равных эффективному пределу пропорциональности, для выравнивания распределения нагрузки между нитями.

#### Библиографический список

1. Панель звукоизолирующая: пат. № 2340478 Рос. Федерация: МПК7 В 60 R 13/08, G 01 K 11/16 / Зубарев А. В., Трибельский И. А., Адонин В. А., Малушин В. И.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное предприятие «Прогресс». – № 2007131186/11; заявл. 15.08.2007; опубл. 10.12.2008, Бюл. № 34. – 8 с.
2. Федорова, М. А. Анализ динамики ПСП при ударных нагрузках / М. А. Федорова, С. А. Корнеев. // Динамика систем, механизмов и машин: Материалы VIII Международной научно-технической конференции (Омск, 13-15 ноября 2012 г.) в пяти книгах, Книга I. – Омск, 2012. – С. 63 – 67.

3. Корнеев, С. А. Аналитический расчёт собственных и вынужденных колебаний пластинчато-сетчатой панели / С. А. Корнеев, М. А. Федорова // Омский научный вестник Серия: Приборы, машины и технологии.. – 2011. - № 3 (103). – С. 129-133.

4. ГОСТ 6613-86 Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 16 с.

5. ГОСТ 18143-72 Проволока из высоколегированной коррозионностойкой и жаростойкой стали. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 10 с.

6. Сталь марки 12Х18Н9Т: [Электронный ресурс] // Центральный металлический портал РФ, 2009-2014. Режим доступа: [http://metallicheckiy-portal.ru/marki\\_metallov/stn/12X18H9T/](http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stn/12X18H9T/). (дата обращения: 18.02.2014)

7. ГОСТ 1497-84 Металлы. Методы испытаний на растяжение. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 12 с.

8. Головин, С. А. Упругие и демпфирующие свойства конструкционных металлических материалов / С. А. Головин, А. М. Пушкар, Д. М. Левин. – М.: Металлургия, 1987. – 190 с.

#### RESEARCH OF PARAMETERS OF STRENGTH AND STIFFNESS OF THE BEARING METAL GRID FROM STEEL 12X18H9T COMPRISING A PLATE-MESH PANEL

M. A. Fedorova, Z. N. Sokolovsky

**Abstract.** The results of experimental studies the diagram expansion of a metal woven mesh stainless steel 12X18H9T and experimentally-theoretical estimation of the maximum residual stress from the thread of the mesh after the assembly. Shows a significant difference in the mechanical characteristics of the mesh in comparison as compared with the characteristics of the original material. The reasons for this difference. In conclusion, on the basis of the generalized experimental values of mechanical characteristics is bilinear approximation of the diagram expansion of the mesh.

**Keywords:** metal mesh, elastic modulus, yield stress, modulus, residual stress.

#### References

1. Zubarev A. V., Tribelsky I. A., Adonin V. A., Malyutin V.I. *Panel zvukoizoliruyushhaya* [The sound proof panel]. Patent RF, no 2340478, 2008.
2. Fedorova M. A., Korneev S. A. *Analiz dinamiki psp pri udarnyx nagruzkax* [The analysis PSP loudspeakers at shock loadings]. *Dinamika sistem, mexanizmov i mashin: materialy viii mezhdunarodnoy nauchno-texnicheskoj konferencii (omsk, 13-15 noyabrya 2012 g.)*. Omsk, 2012, pp.63-67.
3. Korneev S. A. Fedorova M. A. *Analiticheskij raschyot sobstvennyx i vynuzhdennyx kolebaniij plastinchato-setchatoj paneli* [Analytical calculation of own and compelled kolebaniya of the lamellar and mesh panel]. *Omskij nauchnyj vestnik*, 2011, no 3 (103), pp. 129-133.

4. GOST 6613-86. The wire mesh woven with square cells. Technical conditions. Moscow, 2003. 16 p.

5. GOST 18143-72. Wire of alloy corrosion-resistant and garotas coy steel. Technical conditions. Moscow, Izd-vo standartov, 1991, 10 p.

6. *Stal marki 12x18n9t. Centralnyj metallicheskiy portal rf, 2009-2014.* url [Stell mark]. Available at: <http://metallischekiy-portal.ru/marki/metallov/stn/12X18H9T>. (accessed 18.02.2014)

7. GOST 1497-84 Metals. Methods of tensile tests. Moscow, 1984, 12 p.

8. Golovin S. A., Pushkar A. M., Levin D. M. *Uprugie i dempfirovannyye svoystva konstrukcionnyh metallicheskih materialov* [Elastic and damping properties of structural metallic materials]. Moscow, Metallurgiya, 1987, 190 p.

*Федорова Мария Александровна (Россия, Омск) - старший преподаватель кафедры «Сопротивление материалов» Омского государственного технического университета*

*(ОмГТУ). (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: marija\_af@mail.ru)*

*Соколовский Зиновий Наумович (Россия, Омск) кандидат технических наук, доцент кафедры «Сопротивление материалов» Омского государственного технического университета (ОмГТУ). (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: ninasok@yandex.ru)*

*Fedorova M. A. (Russian Federation, Omsk) - post-graduate student of the of the «Resistance of Materials» department Omsk state technical university (OmGTU). (644080, Omsk, Mira Ave, 11, e-mail: marija\_af@mail.ru)*

*Sokolovsky Z. N. (Russian Federation, Omsk) - candidate of Technical of Sciences, associate professor the of the «Resistance of Materials» department Omsk state technical university (OmGTU), (644080, Omsk, Mira Ave, 11, e-mail: ninasok@yandex.ru)*

УДК 624.012

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОРОТКИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

А. И. Шеин, О. В. Снежкина, Р. А. Ладин, А. А. Киселев

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Россия, г. Пенза

**Аннотация.** В статье приведены результаты натурных и численных исследований напряженно-деформированного состояния коротких железобетонных балок с пролетом среза  $a/h_0 \leq 1,5$ . Определен характер распределения нормальных, касательных и главных напряжений. Построены линии максимальных, равных и нулевых напряжений. Выявлены зоны концентрации главных напряжений. Согласно картине напряженно-деформированного состояния коротких балок с  $a/h_0$  до 1,5, поверхность бетона разделена на четыре характерные зоны: первая зона представляет собой наклонную полосу, расположенную между грузовой и опорной площадками, в пределах которой концентрируются главные сжимающие напряжения; вторая зона представляет собой горизонтальный участок в нижней части балки, в пределах которого концентрируются главные растягивающие напряжения; третья и четвертая зоны располагаются с внутренней и с внешней стороны сжатого наклонного участка бетона и характеризуются малыми напряжениями.

**Ключевые слова:** короткие железобетонные балки, экспериментально - теоретические исследования, напряженно-деформированное состояние, трещиностойкость, прочность.

#### Введение

На кафедре «Строительные конструкции» ПГУАС на протяжении ряда лет проводятся экспериментально-теоретические исследования железобетонных конструкций, направленные на совершенствование методов расчета и конструирования коротких железобетонных элементов (короткие балки, консоли, ригели с подрезками, перемишки и ригели двухветвевых колонн, приопорные участки обычных балок и др.). Приведенные в статье натурные и численные исследования

позволили выявить особенности напряженно-деформированного состояния коротких железобетонных балок с пролетом среза  $a/h_0 \leq 1,5$  при действии поперечных сил.

#### Натурный эксперимент

Планировалось изучение работы сжатой и растянутой зон коротких балок при изменении следующих факторов: пролета среза  $a/h_0 \leq 1,5$ , количества продольной арматуры  $\mu_s=0,6 - 1,2$  %, влияния распределенной арматуры. Всего авторами испытано 10 образцов. Опытные образцы коротких балок

проектировались прямоугольного сечения с размерами 25х40 см, длина образцов изменялась в соответствии с пролетом среза. Бетон принимался класса В 25, арматура класса А III. Шесть образцов Б-1 – Б-6 армировались только продольной растянутой арматурой, исследуемым фактором являлся пролет среза  $0,25 \leq a/h_0 \leq 1,5$ . Образцы Б-9, Б-10 армировались горизонтальными, Б-7, Б-8 – вертикальными хомутами. В этом случае исследуемым фактором являлся вид распределенного армирования при изменении  $a/h_0$  от 1 до 1,5. Все образцы коротких балок имели одинаковое количество растянутой продольной арматуры  $\mu_s=0,85\%$ .

**Классификация трещин. Характер и виды разрушения**

В балках с пролетом среза  $a/h_0$  до 1,5 установлено четыре вида характерных трещин: наклонные трещины, выделяющие сжатую полосу бетона; вертикальные трещины в бетоне растянутой зоны; серия наклонных прерывистых трещин, характерная при раздавливании бетона, и наклонная трещина, проходящая по диагонали сжатой

бетонной полосы (рисунок 1). В балках с пролетом среза  $a/h_0$  до 1,5 выявлено два вида разрушения: разрушение по наклонной сжатой бетонной полосе и по растянутому арматурному поясу.

**Влияние исследуемых факторов**

С увеличением пролета среза в шесть раз разрушающее усилие снижается в 1,6 раза, усилие образования трещин – в 2,3 раза, максимальная величина раскрытия трещин составляет 0,8—1,3 мм. С увеличением пролета среза от 1 до 1,5 в балках, армированных распределенной арматурой, разрушающее усилие снижается в 1,28 раза, усилие образования трещин – в 1,45 раза, максимальная величина раскрытия трещин составляет 0,6—1 мм. В балках, армированных распределенной арматурой в виде горизонтальных и вертикальных хомутов, разрушающее усилие увеличивается в 1,4 - 1,65 раза, усилие образования трещин увеличивается в 1,3 - 1,7 раза при изменении пролета среза от 1 до 1,5 [1,2].

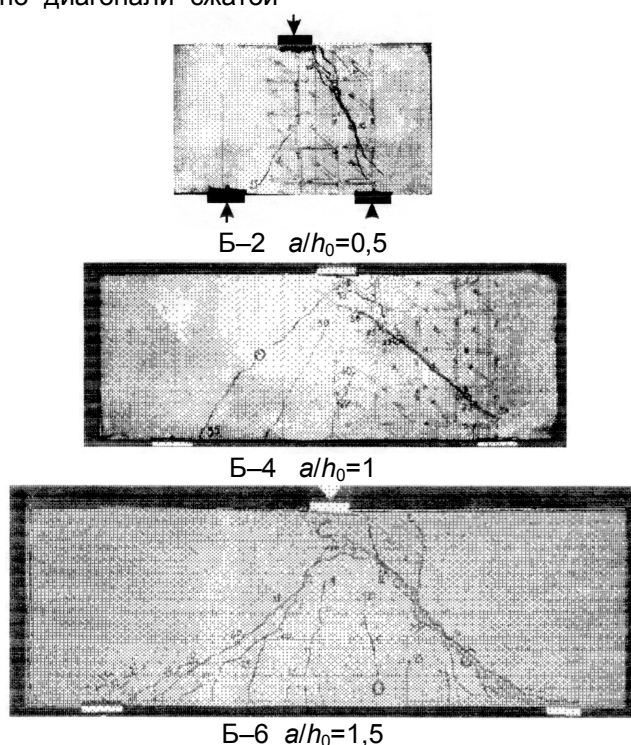


Рис. 1. Фотографии опытных образцов коротких балок

**Численный эксперимент**

С целью получения более полной информации о напряженно-деформированном состоянии указанных конструкций произведен расчет балок численным методом конечных элементов по программе «ЛИРА». Задачей исследований

являлось определение напряжений  $\sigma_x$ ;  $\sigma_y$ ;  $\tau_{xy}$ ;  $\sigma_{пл.сж}$ ;  $\sigma_{пл.р}$ ; полей напряжений и угла наклона главных сжимающих и главных растягивающих напряжений при изменении пролета среза. В соответствии с программой исследований произведен расчет коротких балок, нагруженных одной сосредоточенной силой,

при этом пролет среза принимал следующие значения: 0,5; 1,0; 1,5. При разработке расчетной модели использовались основные принципы проектирования сложных технических систем [3,4,5].

**Расчетная схема**

Расчетная схема балок представляла собой множество конечных элементов в виде прямоугольных ячеек размером 2,5×2,5 и шириной 25 см. По причине ограничения количества элементов в расчете задействована лишь половина балки. Действие отброшенной части заменялось наложением горизонтальных связей (принятая расчетная схема допустима, так как

обе части балки работают симметрично относительно линии действия внешней силы). Опорные площадки имитировались приложением вертикальных связей в узлы, соответствующие расчетной модели, а нагрузка, действующая на балку, моделировалась сосредоточенными силами единичной величины в узлах конечных элементов (рисунок 2). В нижнем поясе балки (второй горизонтальный элемент) моделировался арматурный стержень по приведенному сечению аналогичный натурному эксперименту (модуль упругости  $E_s=2 \cdot 10^5$  МПа, нормативное сопротивление арматуры  $R_{sn}=450$  МПа).

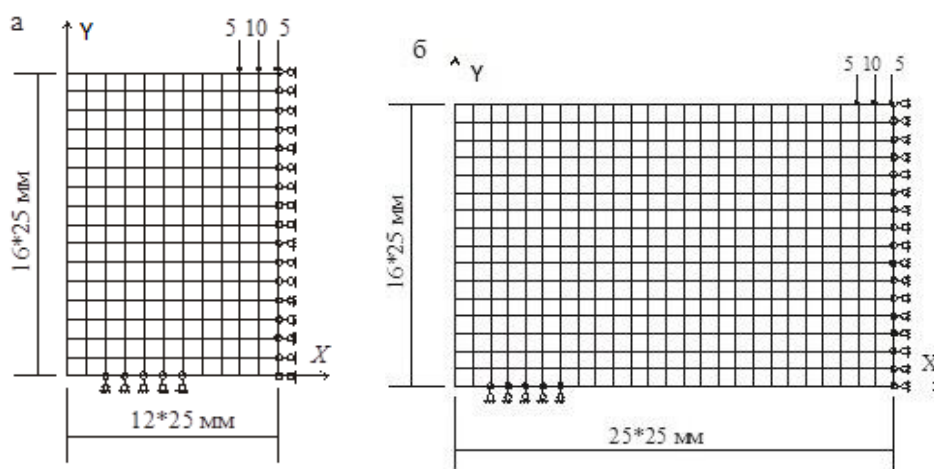


Рис. 2. Расчетная схема балок: а –  $a/h_0=0,5$ ; б –  $a/h_0=1,5$

По результатам расчета коротких балок определены: величина и характер распределения: нормальных напряжений –  $\sigma_x$ ;  $\sigma_y$ ; касательных напряжений –  $\tau_{xy}$  и главных напряжений –  $\sigma_1$ ;  $\sigma_2$ .

Для сокращения материала в данной статье рассматриваются и анализируются более подробно результаты расчета для балок с пролетом среза  $a/h_0=0,5$  и  $a/h_0=1,5$ .

Ниже поочередно рассматривается характер распределения перечисленных напряжений.

*Характер распределения нормальных напряжений  $\sigma_x$*  (рисунок 3,4). Характерным является то, что в пролете среза эпюры  $\sigma_x$  являются двузначными. Максимальные сжимающие напряжения  $\sigma_x$  располагаются в верхней части балки, максимальные растягивающие напряжения – в нижней части эпюры у нижней грани балки.

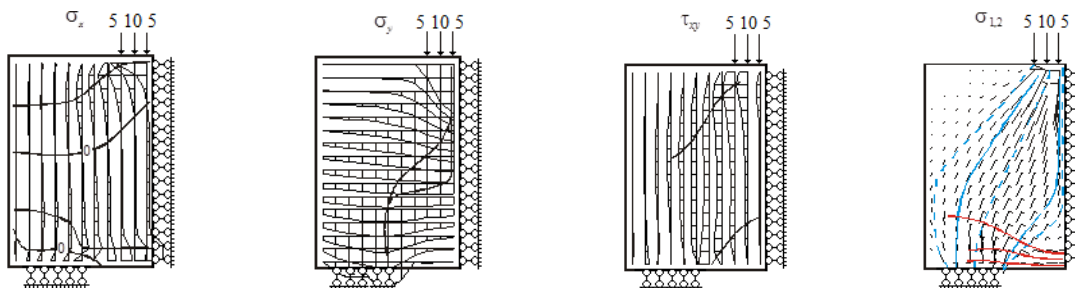


Рис. 3. Эпюры напряжений балки с  $a/h_0=0,5$

Характер распределения нормальных напряжений  $\sigma_y$  (рисунок 3, 4). Характерным для коротких балок является то, что максимальные напряжения  $\sigma_y$  располагаются в вертикальном сечении по линии действия нагрузки. При этом, с удалением от верхней и нижней грани, то есть с удалением от линии действия нагрузки, величина действия максимальных напряжений уменьшается. Одновременно происходит увеличение длины эпюр  $\sigma_y$  в направлении оси X.

Характер распределения касательных напряжений  $\tau_{xy}$  (рисунок 3,4). Характерным является то, что в пролете среза в вертикальных сечениях, расположенных близко к осям передачи нагрузки, эпюры  $\tau_{xy}$  имеют максимальные значения в верхней части для сечений, расположенных ближе к центру передачи нагрузки, и в нижней части в сечениях, расположенных близко к центру действия реакции.

На рисунке 3 – 5 построены линии максимальных, равных и нулевых напряжений.

#### Анализ напряженно-деформированного состояния

Анализируя изменения характера распределения нормальных напряжений  $\sigma_x$  в балках с пролетом среза 0,5 и 1,5, следует отметить изменение положения нулевой линии. В балках с пролетом среза 0,5 существует три нулевых линии, при этом основная нулевая линия проходит примерно в средней части балки и имеет ниспадающий характер. В балках с  $a/h_0=1,5$ , так же несколько нулевых линий, основная нулевая линия также располагается в средней части балки, но носит дугообразный характер. Наличие нескольких нулевых линий говорит о том, что характер распределения нормальных напряжений  $\sigma_x$  в значительной степени отличается от обычных балок. Анализируя характер распределения линий равных напряжений  $\sigma_x$ , можно наглядно убедиться в концентрации растягивающих напряжений на уровне растянутой арматуры и в равномерном снижении сжимающих напряжений  $\sigma_x$  в направлении линии, соединяющей центры приложения нагрузок.

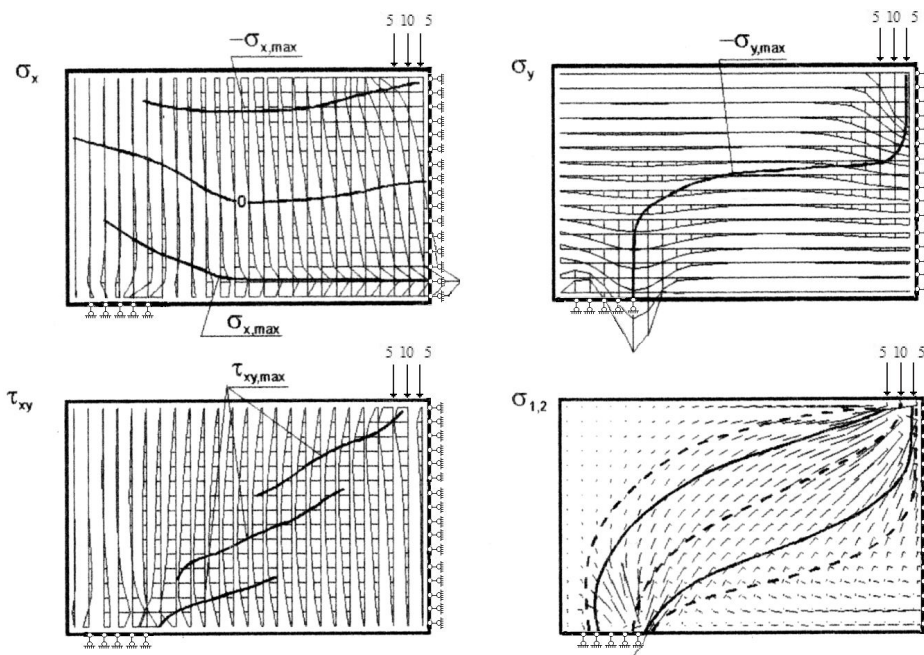


Рис. 4. Эпюры напряжений в балке с  $a/h_0=1,5$

Отличительной особенностью в расположении максимальных сжимающих напряжений  $\sigma_x$  в балках с  $a/h_0=0,5$  и с  $a/h_0=1,5$  является изменение траектории линии максимальных сжимающих напряжений  $\sigma_{x,max}$ . В балках с  $a/h_0=0,5$  линия  $\sigma_{x,max}$  является наклонной и снижение траектории  $\sigma_{x,max}$

происходит при удалении от линии действия силы (рисунок 3). В балках с  $a/h_0=1,5$  линия сжимающих напряжений становится более полой и почти параллельной верхней грани. В целом, принципиальных различий в распределении  $\sigma_x$  в балках с  $a/h_0=0,5$  и с  $a/h_0=1,5$  нет.



Анализ характера распределений нормальных напряжений  $\sigma_y$  в балках с  $a/h_0=0,5$  и с  $a/h_0=1,5$  показал, что распределение этих напряжений  $\sigma_y$  с увеличением  $a/h_0$  изменяется. Одинаковым является концентрация максимальных напряжений в зоне действия нагрузок. Однако в балках с  $a/h_0=0,5$  линии максимальных напряжений являются непрерывными и носят дугообразный характер. В балках с  $a/h_0=1,5$  линии максимальных напряжений разрываются в средней части балки. По линиям равных напряжений  $\sigma_y$  можно судить о размерах зон местного действия нагрузок, а так же о взаимном влиянии этих зон. В балках с  $a/h_0=0,5$  зоны местного действия нагрузок сливаются, уровень линий одинаковых напряжений высок. В балках с  $a/h_0=1,5$  зоны местных действий усилий удаляются по мере увеличения  $a/h_0$ . При этом снижается взаимное влияние этих зон и линий максимальных напряжений разрываются.

Анализ характера расположения касательных напряжений  $\tau_{xy}$  в балках с  $a/h_0=0,5$  и с  $a/h_0=1,5$  показал, что максимальные значения этих напряжений располагаются в пролете среза. С увеличением  $a/h_0$  изменяется характер распределения напряжений  $\tau_{xy}$  в средней части пролета. Линии максимальных

напряжений, проведенные в верхней и нижней части балки по сути являются траекториями прогнозируемых трещин в бетоне. Особенностью в характере распределения  $\tau_{xy \max}$  в балках с  $a/h_0$  является появление в средней части балки еще одной линии  $\tau_{xy \max}$ . Анализ характера главных сжимающих и главных растягивающих напряжений показал, что главные сжимающие напряжения концентрируются между верхней гранью опоры, между осями действия внешней и реактивной нагрузки. Степень концентрации различна в балках с  $a/h_0=0,5$  и с  $a/h_0=1,5$ . Траектории главных сжимающих напряжений с увеличением  $a/h_0$  имеют меньший угол наклона и степень концентрации различна. При этом ширина наклонного участка, в пределах которого концентрируются линии главных деформаций (напряжений), уменьшается при увеличении  $a/h_0$ .

Главные растягивающие напряжения концентрируются у нижней грани балки, при этом траектория максимальных растягивающих напряжений отклоняется вглубь балки в зоне действия реактивных сил [6,7,8].

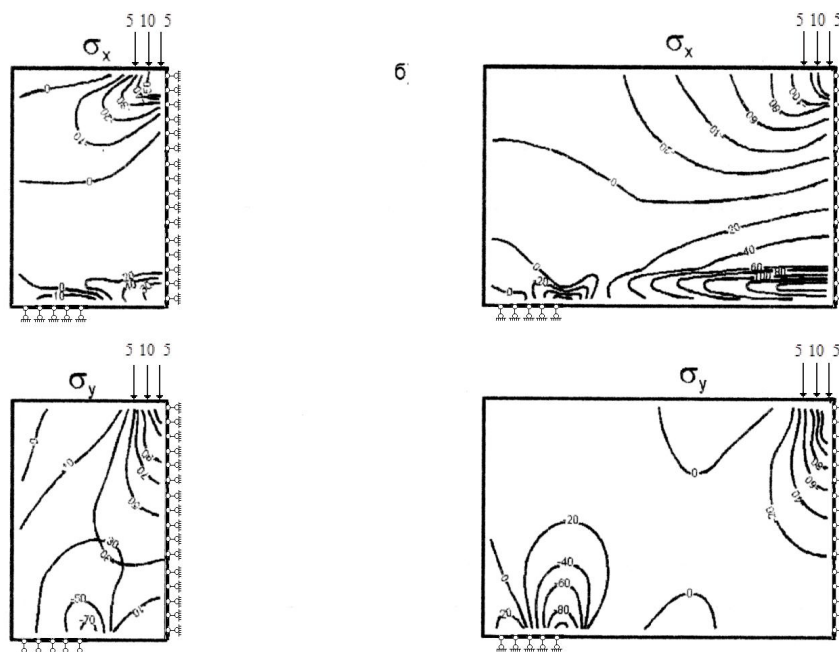


Рис. 5. Линии равных напряжений  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ : а –  $a/h_0=0,5$ ; б –  $a/h_0=1,5$

### Заключение

1) В коротких балках с  $a/h_0 \leq 1,5$  главные сжимающие напряжения концентрируются в наклонных участках, расположенных между грузовой и опорными площадками.

2) Главные растягивающие напряжения концентрируются в горизонтальных участках, расположенных вдоль нижней грани балки.

3) При увеличении пролета среза снижается угол наклона главных сжимающих напряжений, уменьшается ширина наклонного участка, в пределах которого происходит концентрация главных сжимающих напряжений.

4) При увеличении пролета среза увеличивается значение главных сжимающих напряжений у внутренней грани наклонного участка.

5) Согласно картине напряженно-деформированного состояния коротких балок с  $a/h_0$  до 1,5, поверхность бетона разделяется на четыре характерные зоны. Первая зона представляет собой наклонную полосу, расположенную между грузовой и опорной площадками, в пределах которой концентрируются главные сжимающие напряжения. Вторая зона представляет собой горизонтальный участок в нижней части балки, в пределах которого концентрируются главные растягивающие напряжения. Третья и четвертая зоны располагаются с внутренней и с внешней стороны сжатого наклонного участка бетона и характеризуются малыми напряжениями.

6) Установлено четыре вида характерных трещин: наклонные трещины, выделяющие сжатую полосу бетона; вертикальные трещины в бетоне растянутой зоны; серия наклонных прерывистых трещин, характерная при раздавливании бетона, и наклонная трещина, проходящая по диагонали сжатой бетонной полосы

### Библиографический список

1. Баранова, Т. И. Моделирование работы коротких железобетонных балок / Т. И. Баранова, Ю. П. Скачков, О. В. Снежкина, Р. А. Ладин // Вестник СибАДИ. - 2014. - № 2(36). - С. 54 - 60.
2. Снежкина, О. В. Расчет прочности железобетонных балок со средним пролетом среза / О. В. Снежкина, М. В. Кочеткова, А. В. Корнюхин, Р. А. Ладин // Региональная архитектура и строительство. - 2014. - № 1. - С. 118-122.
3. Гарькина, И. А. Планирование эксперимента. Обработка опытных данных. / И. А. Гарькина, А. М. Данилов, А. П. Прошин; под ред. А. М. Данилова; // Министерство образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Пенз. гос. ун-т архитектуры и стр-ва. - Пенза, 2005. - 284.

4. Скачков, Ю. П. Модификация метода Паттерн к решению архитектурно-строительных задач / Ю. П. Скачков, А. М. Данилов, И. А. Гарькина // Региональная архитектура и строительство. - 2011. - № 1. - С. 4 - 9.

5. Будылина, Е. А., Основные принципы проектирования сложных технических систем в приложениях / Е. А. Будылина, И. А. Гарькина, А. М. Данилов, А. С. Махонин // Молодой ученый. - 2013. - № 5. - С. 42 - 45.

6. Баранова, Т. И. Теория расчета железобетонных конструкций на основе аналоговых каркасно-стержневых моделей: научно-методическое пособие / Т. И. Баранова, Ю. П. Скачков. - М.: Издательство «Спутник», 2011. - 224 с.

7. Гарькина, И. А. Приложения теории систем к управлению структурой и свойствами композитов / И. А. Гарькина, А. М. Данилов // Вестник СибАДИ. - 2013. - № 5(33). - С. 58 - 63.

8. Беляев, Н. В., Фурсов В. В. О разнообразии причин образования повреждений несущих ограждающих конструкций / Н. В. Беляев, В. В. Фурсов // Вестник СибАДИ. - 2013. - № 5 (33). - С. 45 - 51.

### EXPERIMENTAL AND THEORETICAL STUDY OF THE STRAINED AND DEFORMED STATE OF SHORT REINFORCED CONCRETE BEAMS

A. I. Shein, O. V. Snezhkina,  
R. A. Ladin, A. A. Kiselev

**Abstract.** The article presents results of full-scale and numerical studies of the strained and deformed state of short reinforced concrete beams with the span of shear  $a/h_0 \leq 1,5$ . There is defined a character of distributing normal, tangential and main stresses. The lines of the maximum, equal and zero stresses are drawn. The zones of concentration of main stresses are revealed. According to a picture of strained the deformed state of short beams from  $a/h_0$  to 1,5, a surface of concrete is divided into four characteristic zones: the first zone represents an inclined strip located between loaded and supporting platforms within which the main compressive stresses are concentrated; the second zone represents a horizontal section in the lower part of a beam within which the main pulling stresses are concentrated; the third and fourth zones are situated inside and outside of a compressive inclined section of concrete and are characterized by small stresses.

**Keywords:** short reinforced concrete beams, strained and deformed state.

### References

1. Baranova T. I., Skachkov Y. P., Snezhkina O. V., Ladin R. A. Modelirovanie raboty korotkih zhelezobetonnyh balok [Modeling of work of short reinforced concrete beams]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 2 (36), pp. 54 - 60.
2. Snezhkina O. V., Kochetkova M. V., Kornuhin A. V., Ladin R. A. Raschet prochnosti zhelezobetonnyh balok so srednim proletom sreza [Calculation of the strength of reinforced concrete

beams with an average span of a shear]. *Regional'naja arhitektura i stroitel'stvo*, 2014, no 1(18), pp. 118 - 123.

3. Garcina I. A., Danilov A. M., Proshin A. P. *Planirovanie jeksperimenta. Obrabotka opytnyh dannyh* [Planning an experiment. Processing of experimental data]. Penza, 2005, 284 p.

4. Skachkov Y. P., Danilov A. M., Garcina I. A. *Modifikacija metoda Pattern k resheniju arhitekturno-stroitel'nyh zadach* [Modification of the Pattern method to the solution of architectural and constructional problems]. *Regional'naja arhitektura i stroitel'stvo*, 2011, no 1, pp. 4 - 9.

5. Budylna E. A., Garcina I. A., Danilov A. M., Makhonin A. S. *Osnovnye principy proektirovanija slozhnyh tehnicheskikh sistem v prilozhenijah* [Basic principles of engineering complex technical systems in applications]. *Molodoj uchenyj*, 2013, no 5, pp. 42 -45.

6. Baranova T. I., Skachkov Y. P. *Teorija rascheta zhelezobetonnyh konstrukcij na osnove analogovyh karkasno-sterzhnevyyh modelej: nauchno-metodicheskoe posobie* [Theory of calculating reinforced concrete structures based on analogous wireframed and rod-shaped models: methodological textbook]. Moscow, Sputnik, 2011, 224 p.

7. Garcina I. A., Danilov A. M. *Prilozhenija teorii sistem k upravleniju strukturaj i svojstvami kompozitov* [Applications of the system theory to controlling structure and properties of composites]. *Vestnik SibADI*, 2013, no 5(33), pp. 58 - 63.

8. Belyaev N. V., Fursov V. V. *O raznoobrazii prichin obrazovanija povrezhdenij nesushhih ograždajushhih konstrukcij* [On variety of causes of forming defects of supporting wallings]. *Vestnik SibADI*, 2013, no 5 (33), pp. 45 - 51.

*Шейн Александр Иванович (Россия, г. Пенза) - доктор технических наук, профессор, действительный член (академик) Академии информатологии, зав. кафедрой «Механика» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства. (440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28, e-mail:shein-ai@yandex.ru)*

*Снежкина Ольга Викторовна (Россия, г. Пенза) - кандидат технических наук, доцент кафедры «Математика и математическое моделирование», Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. 440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28, e-mail: o.v.snejkina@yandex.ru)*

*Ладин Роман Акбарович (Россия, г. Пенза) - аспирант, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. 440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28, e-mail: ladinroman@mail.ru)*

*Киселев Артем Анатольевич (Россия, г. Пенза) - аспирант, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. (440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28, e-mail: kiselev-volley@mail.ru)*

*Shein A. I. (Russian Federation, Penza) - doctor of technical Sciences, Professor, head of the chair "Mechanics" Penza State University of Architecture and Construction (440028, Russia, Penza, 28, German Titov St., e-mail: shein-ai@yandex.ru)*

*Snezhkina O. V. (Russian Federation Penza) - Candidate of Sciences, Associate Professor of the department «Mathematics and mathematical modeling», Penza State University of Architecture and Construction (440028, Russia, Penza, 28, German Titov St., e-mail: o.v.snejkina@yandex.ru)*

*Ladin R. A. (Russian Federation Penza) – undergraduate Penza State University of Architecture and Construction (440028, Russia, Penza, 28, German Titov St., e-mail: ladinroman@mail.ru)*

*Kiselev A. A. (Russian Federation, Penza) – undergraduate Penza State University of Architecture and Construction (440028, Russia, Penza, 28, German Titov St., e-mail: kiselev-volley@mail.ru)*

## РАЗДЕЛ III

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 372.8

## ГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНЕЙЧАТЫХ МНОГООБРАЗИЙ ПРОСТРАНСТВА $P_n$ МЕТОДАМИ ИСЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

В. Я. Волков, О. Б. Ильясова

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье на примере моделирования многообразий Сегре пространства  $P_n$  показано конструктивное построение линейчатых многообразий и определение их проективных характеристик с помощью методов исчислительной геометрии. Доказаны теоремы размерности и порядка многообразий Сегре пространства  $P_n$ , используя разложения символьных представлений условий инцидентности. При этом доказано, размерность многообразия Сегре равна ее порядку. Отсюда следует, что в пространстве  $P_n$  размерность и порядок поверхности Сегре равна  $\frac{n+1}{2}$ .

**Ключевые слова:** размерность, многообразия Сегре, моделирование, исчислительная геометрия.

### Введение

Применяя развитый аппарат многомерной исчислительной геометрии, рассмотрим формализованное конструирование линейных многообразий пространства  $P_5$ , так как последние являются проективными моделями линейных систем коник  $P_2$ , конструктивными моделями многообразий Сегре, Веронезе, Штейнера и т.д. и позволят обобщить полученные результаты на линейные многообразия  $P_n$ .

**Графические модели многообразий Сегре.** Представим обобщенные условия инцидентности 1-плоскости в символьном виде с указанием их размерности:

$$e_{33}^{10} - 1, e_{52}^{10} - 2, e_{51}^{10} - 3, e_{50}^{10} - 4; e_{43}^{10} - 2, e_{42}^{10} - 3, e_{41}^{10} - 4, e_{40}^{10} - 5; e_{32}^{10} - 4, e_{31}^{10} - 5, e_{30}^{10} - 6; e_{21}^{10} - 6, e_{20}^{10} - 7, e_{10}^{10} - 8.$$

Исходя из того, что параметрическое число 1-плоскости в пространстве  $P_5$  равно восьми  $D_5^1 = (5-1)(1+1) = 8$ , можно выбирая условия инцидентности 1-плоскости конструировать двумерные, трехмерные и четырехмерные поверхности или гиперповерхности в  $P_5$ .

Исследуем трехмерную поверхность, которую зададим в символьном виде  $(e_{52}^{10})^3$ . С помощью редукции этого выражения получим:

$$(e_{52}^{10})^3 = 3e_{30}^{10} + e_{21}^{10}, \quad (1)$$

Определим порядок трехмерной поверхности. Для этого умножим результат разложения редукции  $(e_{52}^{10})^3$ , получим  $(3e_{30}^{10} + e_{21}^{10}) \cdot e_{52}^{10} = 3e_{10}^{10} + 0$ , так как второе произведение  $e_{21}^{10} \cdot e_{52}^{10}$  есть произведение несовместных условий инцидентности. Отсюда следует, что трехмерная поверхность пространства  $P_5$  третьего порядка.

Рассмотрим конструктивную схему полученной трехмерной поверхности. Зададим три 2-плоскости  $(\alpha, \beta, \gamma)$ , которые расположены в пространстве  $P_5$  (рисунок 1).

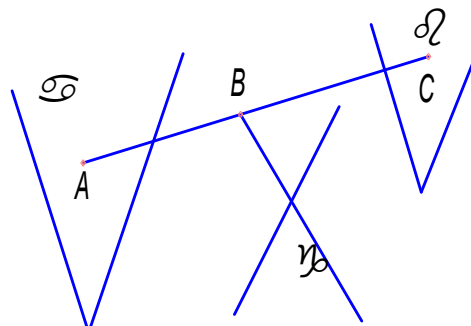


Рис. 1. Конструктивное представление трехмерной поверхности Сегре пространства  $P_5$

Выберем на 2-плоскости  $\alpha$  произвольную 0-плоскость A. 2-плоскость  $\beta$  и 0-плоскость A не принадлежащие 2-плоскости определяют 3-плоскость. Тогда 2-плоскость  $\gamma$  и полученная 3-плоскость в пространстве  $P_5$  согласно формуле размерности пересекаются в общем случае в 0-плоскости, допустим B. Так как 1-плоскость AB с 2-плоскостью  $\beta$  лежит в одной 3-плоскости, то они будут пересекаться в некоторой 0-плоскости C. Из построения следует, что 3-поверхность несет на себе двухпараметрическое семейство 1-плоскостей, что следует их размерности 0-плоскостей, принадлежащих 2-плоскости  $\alpha$ .

Теперь представим обобщенные условия инцидентности 2-плоскости в символьном виде с указанием их размерности:

$$e_{542}^{210} - 1, e_{541}^{210} - 2, e_{540}^{210} - 3, e_{532}^{210} - 2; e_{532}^{210} - 2, e_{531}^{210} - 3, e_{530}^{210} - 4, e_{521}^{210} - 4, e_{520}^{210} - 5, e_{510}^{210} - 6, e_{432}^{210} - 3; e_{431}^{210} - 3, e_{430}^{210} - 4, e_{420}^{210} - 6, e_{410}^{210} - 7, e_{321}^{210} - 6, e_{320}^{210} - 7, e_{310}^{210} - 8, e_{210}^{210} - 9.$$

Исходя из того, что параметрическое число 2-плоскости в пространстве  $P_5$  равно девяти

$$D_5^2 = (5 - 2)(2 + 1) = 9.$$

можно, как и выше, выбирая условия инцидентности 2-плоскости, конструировать трехмерные и четырехмерные поверхности или гиперповерхности в  $P_5$ .

Исследуем трехмерную поверхность, которую зададим в символьном виде  $(e_{541}^{210})^4$ . С помощью редукции этого выражения получим:

$$(e_{541}^{210})^4 = 3e_{210}^{210}.$$

Определим порядок трехмерной поверхности. Для этого умножим символьное представление трехмерной поверхности  $3(e_{310}^{210})$  на множитель  $(e_{542}^{210})$  и получим:

$$3e_{310}^{210} \cdot e_{542}^{210} = 3e_{210}^{210}, \quad (2)$$

отсюда 3-поверхность есть третьего порядка.

Рассмотрим конструктивную схему полученной трехмерной поверхности. Зададим четыре 1-плоскости a, b, c, d, которые расположены в пространстве  $P_5$  (рисунки 2).

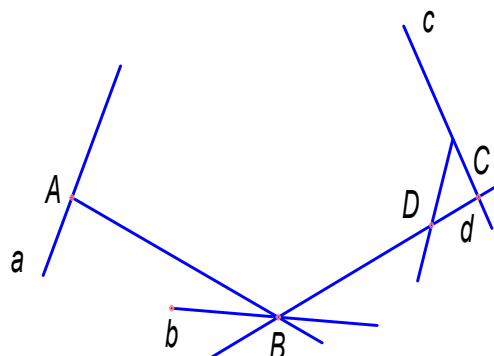


Рис. 2. Конструктивное представление трехмерной поверхности Сегре пространства  $P_5$

Выберем на 1-плоскости a произвольную 0-плоскость A. 0-плоскость A с 1-плоскостями c и d общего положения в пространстве  $P_5$  определяют гиперплоскость. Последняя с 1-плоскостью b на основании формулы размерности пересекается по 0-плоскости, допустим в B. Тогда 1-плоскость AB с 1-плоскостью c определяют в четырехмерном пространстве 3-плоскость, которая с d 1-плоскостью пересекается по 0-плоскости, например D. Тогда 1-плоскость BD пересекается и с 1-плоскостью c в некоторой 0-плоскости, например C. Отсюда следует, что на рассматриваемой 3-поверхности лежит однопараметрическое множество 2-плоскостей так, как на 1-плоскости однопараметрическое множество 0-плоскостей.

**Теорема 1.** Если трехмерную поверхность третьего порядка пространства  $P_5$  в символьном виде можно представить как  $(e_{52}^{10})^3$  так же и  $(e_{541}^{210})^4$ , и эта 3-поверхность несет на себе двухпараметрическое семейство 1-плоскостей и однопараметрическое семейство 2-плоскостей, то она является многообразием Сегре вида  $P_1 \times P_2$  в  $P_5$ .

Как следует, из вышеизложенного исследования, рассмотренная 3-поверхность третьего порядка удовлетворяет теореме 1.

Рассмотрим конструирование многообразия Сегре  $P_1 \times P_3$  в  $P_7$ . Символьное выражение данного многообразия можно представить как  $(e_{73}^{10})^3$  или  $(e_{7651}^{3210})^5$  и после разложения символьных выражений и определения порядка этого многообразия получим  $4e_{40}^{10} + 2e_{31}^{10}$  или  $4e_{4210}^{3210}$  и умножая

первое выражение  $4e_{40}^{10} + 2e_{31}^{10}$  на  $e_{73}^{10}$  и второе выражение  $4e_{4210}^{3210}$  на  $4e_{7653}^{3210}$  получим в первом случае выражение  $4e_{10}^{10}$ , а во втором случае  $4e_{3210}^{3210}$ , откуда следует, что четырехмерные многообразия Сегре семимерного пространства имеет порядок четыре. При этом в первом случае его конструктивная схема будет представлена тройкой направляющих 3-плоскостей и трехпараметрическим многообразием 1-плоскостей (рисунок 3):

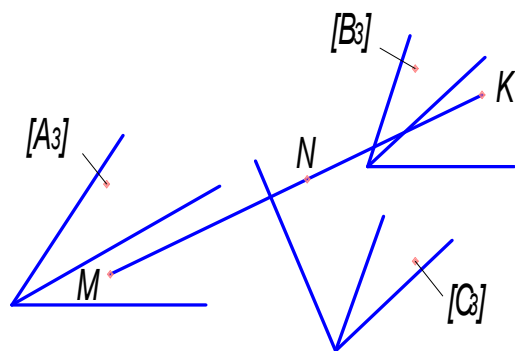


Рис. 3. Конструктивное представление четырехмерной поверхности Сегре пространства  $P_7$

где в 3-плоскости  $[A_3]$  выбираем по произволу 0-плоскость  $M$ , которая с 3-плоскостью  $[B_3]$  задает 4-плоскость, которая с 3-плоскостью  $[C_3]$  в семимерном пространстве пересекаются, например, в 0-плоскости  $N$ , тогда 1-плоскость  $MN$  в четырехмерном пространстве с 3-плоскостью  $[B_3]$  пересекает, например, в 0-плоскости  $K$  и таких 1-плоскостей будет трехпараметрическое множество.

Во втором случае направляющими многообразия Сегре будут пять 1-плоскостей, а образующими однопараметрическое многообразие 3-плоскость (рисунок 4.):

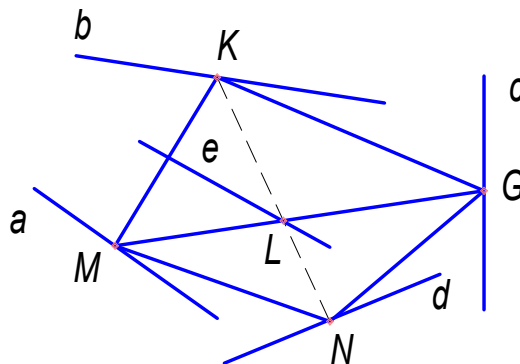


Рис. 4. Конструктивное представление четырехмерной поверхности Сегре пространства  $P_7$

Допустим, что на 1-плоскости  $a$  выбираем по произволу 0-плоскость  $M$ . Эта 0-плоскость с 1-плоскостями  $b, c, e$  определит шестимерную плоскость, которая с 1-плоскостью  $d$  пересекается по 0-плоскости, например,  $N$  1-плоскость  $MN$  с 1-плоскостями  $b, c, e$  в с определяют 5-мерную плоскость, которая, например, с 1-плоскостью  $e$  пересекается в 0-плоскости  $L$  и т.д. В конечном случае получим одну из однопараметрического семейства 3-плоскостей  $MLNKG$ .

Обобщая рассмотренные символичные представления многообразий Сегре пространства  $P_n$  и конструктивную схему их представления, можем выразить их в символах обобщенного условия

инцидентности как  $\left( e_{n, \frac{(n-1)}{2}}^{1,0} \right)^3$  или

$$\left( e_{\frac{n-1}{2}, \frac{n-3}{2}, \dots, 1, 0}^{\frac{n+3}{2}} \right) \cdot \left( e_{n, n-1, \dots, \frac{n+3}{2}, 1} \right)$$

**Теорема 2.** Многообразие Сегре

пространства  $P_n$  вида  $P_1 \times P_k$ , где  $K = \frac{n-1}{2}$  представляет многомерную поверхность размерности  $\frac{n+1}{2}$  и порядка  $\frac{n+1}{2}$ .

Конструктивная схема такой поверхности может быть представлена тройкой  $\left( \frac{n-1}{2} \right)$ -плоскостей.

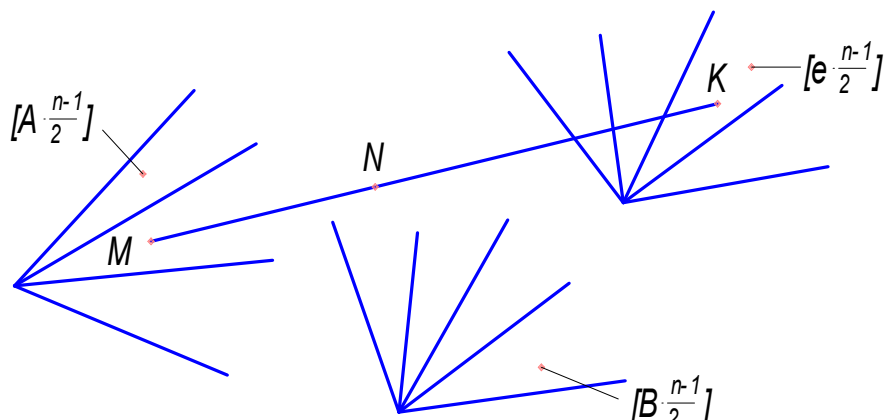


Рис. 5. Конструктивное представление  $\binom{n-1}{2}$ - мерной поверхности Сегре пространства  $P_n$

Тогда выбирая произвольную 0-плоскость  $M$ , которая с  $\left[ C \frac{n-1}{2} \right]$  - плоскостью образует

$\frac{n+1}{2}$  - плоскость, и последняя с  $\left[ B \frac{n-1}{2} \right]$  -

плоскостью в  $P_n$  пространстве пересекается по 0-плоскости, например, в  $N$ . 1-плоскость

$MN$  с  $\left[ C \frac{n-1}{2} \right]$  - плоскостью пересекается,

например, по 0-плоскости  $K$ . Тогда получим одну из образующих  $\frac{n-1}{2}$  -

параметрического многообразия 1-плоскостей. Для определения порядка этого многообразия необходимо умножить

$$\left( e_{n, \frac{(n-1)}{2}}^{1,0} \right)^3 \cdot e_{n, \frac{n-1}{2}}^{1,0} \quad \text{или} \quad \left( e_{n, n-1, \dots, \frac{n+3}{2}, 1}^{\frac{n-1}{2}, \frac{n-3}{2}, \dots, 1, 0} \right)^{\frac{n+3}{2}}$$

$$e_{n, n-1, \dots, \frac{n+3}{2}, 1}^{\frac{n-1}{2}, \frac{n-3}{2}, \dots, 1, 0} \quad \text{получим} \quad \left( e_{n, \frac{(n-1)}{2}}^{1,0} \right)^3 \cdot e_{n, \frac{n-1}{2}}^{1,0} =$$

$$\frac{n+1}{2} e_{10}^{10} \quad \text{или} \quad \left( e_{n, n-1, \dots, \frac{n+3}{2}, 1}^{\frac{n-1}{2}, \frac{n-3}{2}, \dots, 1, 0} \right)^{\frac{n+3}{2}}$$

$$e_{n, n-1, \dots, \frac{n+3}{2}, 1}^{\frac{n-1}{2}, \frac{n-3}{2}, \dots, 1, 0} = \frac{n+1}{2} e_{n-1, n-3, \dots, 1, 0}^{\frac{n-1}{2}, \frac{n-3}{2}, \dots, 1, 0}$$

Отсюда следует, что порядок многообразия Сегре пространства  $P_n$  вида

$$P_1 \times P_k \text{ равен } \frac{n+1}{2}.$$

**Заключение**

В статье сформулирован общий подход к конструированию многообразий Сегре  $P_m \times P_k$  с определением их структурных характеристик, которые могут быть моделями многомерных объектов многофакторных процессов.

**Библиографический список**

1. Волков, В. Я. Многомерная исчислительная геометрия: монография / В. Я. Волков, В. Ю. Юрков - Омск: ОмГПУ, 2008. - 244 с.
2. Пеклич, В. А. Высшая начертательная геометрия: монография / В. А. Пеклич - М.: АСБ - 344 с.
3. Semple J. G., Roth L. Introduction to algebraic geometry. - Oxford: Clarendon Press, 1949. - 446 p.
4. Schubert H. Kalkul der abzählenden Geometrie. - Berlin, Heidelberg, New-York: Springer Verlag, 1979. - 349 p.
5. Волков, В. Я. Инновационные технологии в преподавании графических дисциплин / В. Я. Волков // Вестник СибАДИ. - 2010. - № 4 (18) - С. 65 - 68.
6. Baker H. F. Principles of Geometry. Introduction to the theory of Algebraic Surfaces and Higher Loci. - New-York: Frederick Ungar Publishing Co., 1960 - Vol. VI. - 308 p.
7. Фултон У. Теория пересечений / У. Фултон. - М.: Мир 1989. - 583 с.
8. Скопец, З. А. Плоская модель многообразия прямых  $n$ -мерного проективного пространства / З. А. Скопец, А. С. Тихомиров // Конструктивная алгебраическая геометрия. - 1979.- Вып. 180. - С. 101 - 105.

**GRAPHIC SIMULATION RULED MANIFOLDS OF  $P_n$  METHODS OF ENUMERATIVE GEOMETRY**

V. Y. Volkov, O. B. Ilyasova

**Abstract.** The article by the example of Segre varieties of  $P_n$  shows the structural arrangement of ruled manifolds and projective identification of their characteristics using the methods of enumerative

geometry. Dimension and prove theorems about Segre varieties of  $P_n$  using symbolic representations of the decomposition of the incidence conditions. In this proved that the dimension of the Segre equal to its order. It follows that the dimension of the space  $P_n$  and the order is equal to the surface of the Segre  $\frac{n+1}{2}$ .

**Keywords:** dimension, Segre variety, modeling, enumerative geometry.

#### References

1. Volkov V. Ja., Jurkov V. Ju. *Mnogomernaja ischislitel'naja geometrija: monografija*. [Multidimensional enumerative geometry: monograph] Omsk: OmGPU, 2008, 244 p.
2. Peklich V. A. *Vysshaja nachertatel'naja geometrija: monografija* [Higher descriptive geometry: monograph]. Moscow, ASB - 344 p.
3. Semple J. G., Roth L. Introduction to algebraic geometry. Oxford: Clarendon Press, 1949, 446 p.
4. Schubert H. *Kalkul der abzählenden Geometrie*. – Berlin, Heidelberg, New-York: Springer Verlag, 1979. – 349 p.
5. Volkov V. Ja. Innovacionnye tehnologii v prepodavanii graficheskikh disciplin [Innovative technologies in teaching graphic disciplines] *Vestnik SibADI*. 2010, no 4 (18), pp. 65-68.
6. Baker H. F. Principles of Geometry. Introduction to the theory of Algebraic Surfaces and Higher Loci. New-York: Frederick Ungar Publishing Co., 1960, Vol. VI. 308 p.

7. Fulton U. *Teorija peresechenij* [Intersection theory]. Moscow, Mir 1989, 583 p.

8. Skopec Z. A., Tihomirov A. S. *Ploskaja model' mnogoobrazija prjamyh n-mernogo proektivnogo prostranstva* [Plane model of the variety of lines of n-dimensional projective space] *Konstruktivnaja algebraicheskaia geometrija*. 1979, no. 180, pp. 101-105.

*Волков Владимир Яковлевич (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры начертательная геометрия, инженерная и машинная графика Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: volkov\_vy39@mail.ru)*

*Ильясова Ольга Борисовна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры начертательная геометрия, инженерная и машинная графика Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: ilyasovaolga@mail.ru)*

*Volkov V. Y. (Russian Federation, Omsk) – Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Professor, The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e – mail: volkov\_vy39@mail.ru).*

*Ilyasova O. B. (Russian Federation, Omsk) - Candidate of Technical Sciences, the associate professor The Siberian state automobile and road academy (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e – mail: ilyasovaolga@mail.ru)*

УДК: 532.5:556.5:004

## О МОДЕЛИРОВАНИИ ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ В ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦАХ ПРИ РЕШЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

В. И. Сологаев<sup>1</sup>, Д. А. Чернов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

<sup>2</sup>Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина (ОмГАУ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье обобщен новый материал по исследуемой теме, вводится в научный оборот формула моделирования турбулентного режима потока в грунте малой мощности методом конечных разностей в электронных таблицах при стационарной плоскопараллельной фильтрации воды с постоянным уровнем для характерных случаев в дорожном, мелиоративном и городском строительстве. Полученную формулу моделирования также рекомендуется использовать при автоматизации проектирования строительных объектов и защите от подтопления. На основании анализа, устанавливается, что выведенная формула точнее, чем формула моделирования ламинарного потока при стационарной плоскопараллельной фильтрации воды с постоянным уровнем.

**Ключевые слова:** моделирование, метод электронных таблиц, плоскопараллельная фильтрация воды, турбулентные потоки, автоматизация проектирования защиты от подтопления.



**Введение**

Недостаточная изученность турбулентных фильтрационных потоков при защите от подтопления на территориях застройки и сельскохозяйственных угодий является весьма актуальной темой. Разработка новой методики требуется для правильной организации проектных и строительных работ, при изысканиях или прогнозах подтопления, как в сельском хозяйстве, так и в различных отраслях строительства.

**Методы исследования**

Вопрос о законах фильтрации не только в неоднородных, но и в однородных грунтах является до сих пор не до конца изученным. В частности, в отношении границ применимости закона Дарси вопрос этот освещен рядом экспериментальных исследований, из которых приведем некоторые, дающие наиболее конкретные результаты [1,2]. Как известно, в гидрогеологии встречаются понятия «ламинарная и турбулентная фильтрация» [3,4,5]. В настоящее время турбулентная фильтрация мало изучена. Поэтому необходимо провести теоретические исследования, подкреплённые серией опытов. Ближайшей целью является вывод формулы моделирования турбулентной

фильтрации воды при плоскопараллельном стационарном (установившемся) движении, используя метод конечных разностей (МКР).

Мы провели серию опытов с крупнозернистым искусственным грунтом, преимущественно с диаметром частиц 3 мм. По данным анализа гранулометрического состава коэффициент неоднородности грунта составил 1,44, что значит, грунт однороден (меньше 5) и для него, возможно, справедливы некоторые аналитические формулы. Исследуемый грунт относится к гравийным (гравий мелкозернистый). Опыты проводились на фильтрационном лотке для моделирования процесса подтопления.

Как известно [6], формула моделирования в электронных таблицах по методу конечных разностей для ламинарного плоскопараллельного стационарного потока имеет вид

$$h_i = \sqrt{\frac{h_{i-1}^2 + h_{i+1}^2}{2}}, \quad (1)$$

где  $h_{i-1}$  – предыдущий напор в точке, см;

$h_{i+1}$  – последующий напор в точке, см;  $h_i$  – напор в точке, см.

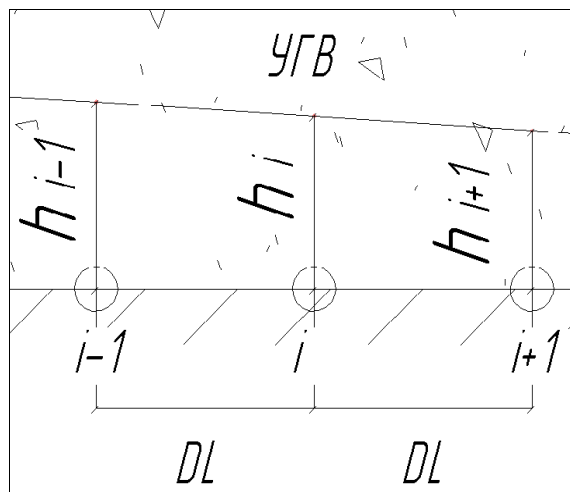


Рис. 1 Схема - шаблон одномерной безнапорной стационарной фильтрации МКР

Уравнение баланса воды через узел  $i$  (см. рисунок 1) имеет вид

$$Q_{i-1} = Q_{i+1}, \quad (2)$$

где  $Q$  – расход,  $см^3/с$

$$v_{фил_{i-1}} \cdot \omega_{i-1} = v_{фил_{i+1}} \cdot \omega_{i+1}, \quad (3)$$

где  $v_{фил}$  – скорость фильтрации,  $см/с$ ;

$\omega$  – площадь поперечного сечения,  $см^2$ .

Исходя из закона турбулентной фильтрации Краснопольского [7], уравнение баланса по методу конечных разностей можно записать в виде

$$K \cdot \sqrt{\frac{h_{i-1} - h_i}{DL}} \cdot \frac{h_{i-1} + h_i}{2} = K \cdot \sqrt{\frac{h_i - h_{i+1}}{DL}} \cdot \frac{h_i + h_{i+1}}{2}, \quad (4)$$

где  $K$  – коэффициент фильтрации,  $см/с$ ;  $DL$  – расстояние между напорами,

см;  $h_{i-1}$  – предыдущий напор в точке, см;  $h_{i+1}$  – последующий напор в точке, см;  $h_i$  – напор в точке, см.

Произведя сокращения, получим формулу:

$$\sqrt{h_{i-1} - h_i} \cdot (h_{i-1} + h_i) = \sqrt{h_i - h_{i+1}} \cdot (h_i + h_{i+1}). \quad (5)$$

Выразив напор в узле  $i$  из формулы (5), получим искомую формулу моделирования:

$$h_i = \frac{1}{6} A + \frac{B}{6A} - C, \quad (6)$$

где

$$A = (44 \cdot h_{i-1}^3 - 12 \cdot h_{i-1}^2 \cdot h_{i+1} + 5.196 \cdot$$

$$\cdot (59 \cdot h_{i-1}^6 - 50 \cdot h_{i-1}^5 \cdot h_{i+1} - 75 \cdot h_{i-1}^4 \cdot h_{i+1}^2 + 132 \cdot h_{i-1}^3 \cdot$$

$$\cdot h_{i+1}^3 - 75 \cdot h_{i-1}^2 \cdot h_{i+1}^4 - 50 \cdot h_{i-1} \cdot h_{i+1}^5 + 59 \cdot h_{i+1}^6)^{0.5} -$$

$$- 12 \cdot h_{i-1} \cdot h_{i+1}^2 + 44 \cdot h_{i+1}^3)^{1/3}$$

$$B = 7 \cdot h_{i-1}^2 + 2 \cdot h_{i-1} \cdot h_{i+1} + 7 \cdot h_{i+1}^2,$$

$$C = \frac{h_{i-1} + h_{i+1}}{6}.$$

Проверим полученную формулу серией опытов.

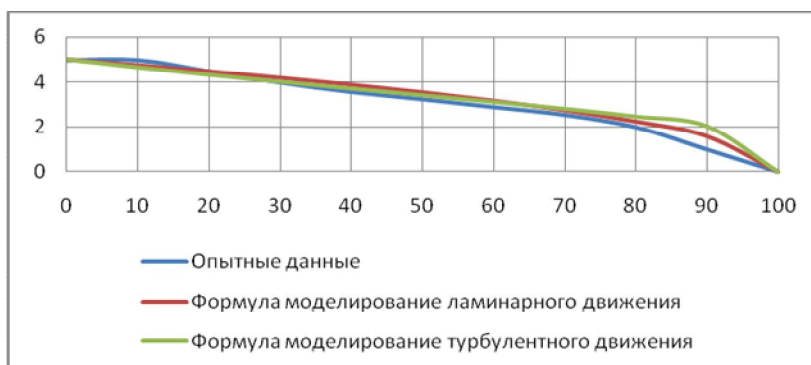


Рис. 2. График полученных результатов плоскопараллельной стационарной фильтрации на расстоянии 100 см при напоре 5 см.

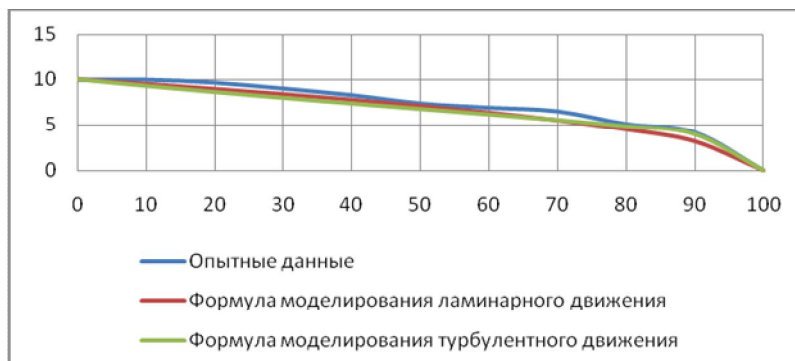


Рис. 3. График полученных результатов плоскопараллельной стационарной фильтрации на расстоянии 100 см при напоре 10 см

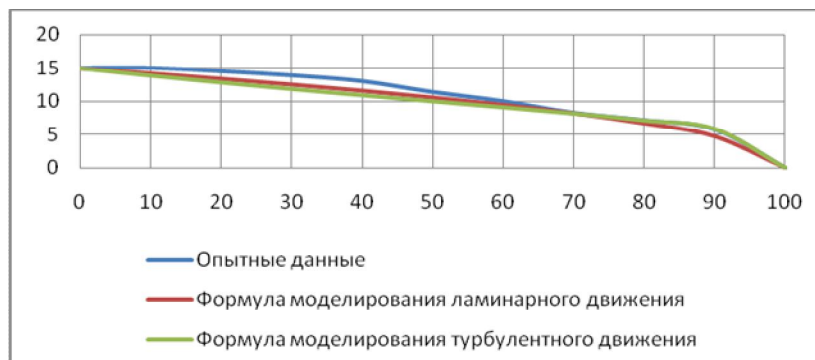


Рис. 4. График полученных результатов плоскопараллельной стационарной фильтрации см при напоре 15 см

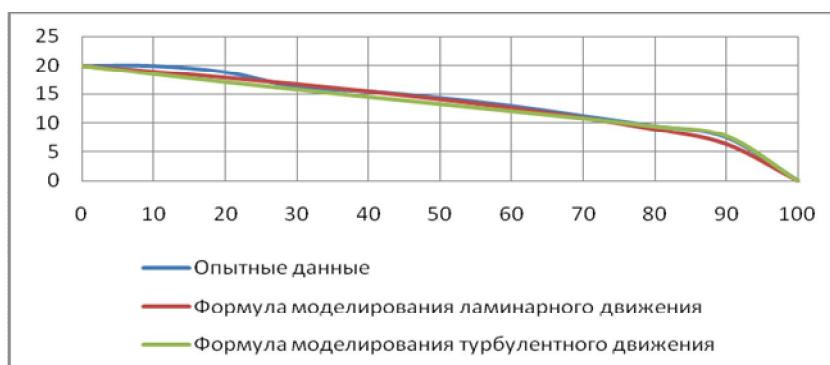


Рис. 5. График полученных результатов стационарной фильтрации на расстоянии 100 см при напоре 20 см

На данных графиках изображено распределение напоров в грунте на расстоянии 100 см. Исходя из формулы Павловского [8] для определения типа движения жидкости в грунте, нами было

определено, что при напоре 20 см, в данном грунте может происходить турбулентное движение, т.к. число Рейнольдса для данного напора равно 9,44, а значит, что наша формула справедлива для данного условия.

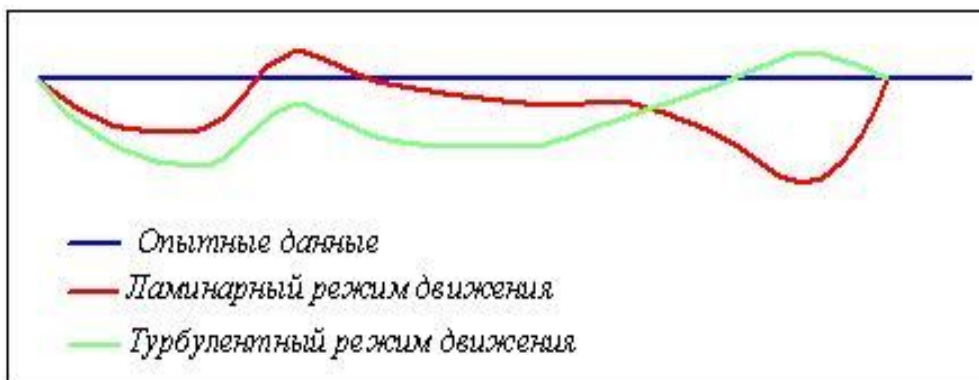


Рис. 6. Амплитуда колебаний погрешности опытных значений от формул моделирования

**Заключение**

Полученную формулу моделирования (6) рекомендуется использовать в гидрогеологической, сельскохозяйственной и автодорожной практике, а так же при автоматизации проектирования строительных объектов. Она точнее, чем формула моделирования ламинарного потока.

**Библиографический список**

1. Каменский, Г. Н. Движение подземных вод в неоднородных пластах / Г. Н. Каменский. - М. - Л.: Обьединенное научно-техническое издательство, 1935. - 169 с.
2. Patryk M. Quinn. Quantification of non-Darcian flow observed during packer testing in fractured sedimentary rock [Электронный ресурс] / M. Patryk A. Quinn, John Cherry and Beth L. Parker // Water Resources Research . - 2011, - Issue 9 - Volume 47. - Режим доступа: [http://www.researchgate.net/publication/232723362\\_Quantification\\_of\\_non-](http://www.researchgate.net/publication/232723362_Quantification_of_non-)

Darcian flow observed during packer testing in fractured sedimentary rock

3. Избаш, С. В. О фильтрации в крупнозернистом материале / С. В. Избаш. - Известия научно - исследовательского института гидротехники. - 1931, Т. I. - С. 120 - 122.
4. Срибный, М. Ф. Фильтрующие искусственные сооружения и гидравлика турбулентной фильтрации / М. Ф. Срибный. - М.: Трансжелдориздат, 1933. - 138 с.
5. Коротеев, А. П. Спутник гидрогеолога / А. П. Коротеев. - М - Л.: Обьединенное научно-техническое издательство НКТП СССР, 1934. - с. 317.
6. Сологаев, В. И. Фильтрационные расчеты и компьютерное моделирование при защите от подтопления в городском строительстве / В. И. Сологаев: монография. - Омск: СибАДИ, 2002. - 416 с.
7. Кац, Д. М. Основы геологии и гидрогеологии / Д. М. Кац. - М.: Колос, 1981. - 345 с.
8. Чарный, И. А. Основы подземной гидравлики / И. А. Чарный. - М.: ГОСГОПТЕХИЗДАТ, 1956. - 260 с.

**ON MODELING TURBULENT FLOWS BY FINITE DIFFERENCE METHOD IN SPREADSHEETS AT SOLVING BUILDING TASKS**

V. I. Sologaev, D. A. Chernov

**Abstract.** The article summarizes the new material on the examined subject, there is introduced into scientific circulation the formula of modeling turbulent flow regime in the lower-power soil by finite difference method in spreadsheets at a stationary plane-parallel water filtration with a constant level for specific cases in road, land-reclamation and urban development. It is also recommended to use the obtained formula of modeling at computer-aided engineering of construction projects and protection against flooding. It is ascertained on the basis of the analysis, that the derivable formula is more precise than the formula of modeling laminar flow at the stationary plane-parallel water filtration with a constant level.

**Keywords:** modeling, spreadsheets' method, plane-parallel water filtration, turbulent flows, computer-aided engineering of protection against flooding.

**References**

1. Kamensky G. N. *Dvizhenie podzemnyh vod v neodnorodnyh plastah* [Flow of ground waters in heterogeneous layers]. Leningrad, Obединенное научно-техническое издательство, 1935, 169 p.
2. Patryk M. Quinn J. Quantification of non-Darcian flow observed during packer testing in fractured sedimentary rock. *Water Resources Research*. September 2011, no 9, Volume 47.
3. Izbash S. V. *O fil'tracii v krupnozernistom materiale* [On filtration in coarse-grained material]. *Izvestija N. issl. in-ta gidrotehniki*, 1931, 120 – 122 p.
4. Sreebny M. F. *Fil'trujushhie iskusstvennye sooruzhenija i gidravlika turbulentnoj fil'tracii* [Filtering

artificial structures and hydraulics of turbulent filtration]. Moscow, Transzheldorizdat, 1933, 138 p.

5. Koroteev A. P. *Sputnik gidrogeologa* [Hydrogeologist's companion]. Moscow, Obединенное научно-техническое издательство НКТП СССР, 1934, 317 p.

6. Sologaev V. I. *Fil'tracionnye raschety i komp'yuternoe modelirovanie pri zashhite ot podtoplenija v gorodskom stroitel'stve* [Filtration calculations and computer modeling at protection against flooding in urban construction]. Omsk, SibADI, 2002, 416 p.

7. Katz, D. M. *Osnovy geologii i gidrogeologii* [Basic geology and hydrogeology]. Moscow, Kolos, 1981, 345 p.

8. Charney I. A. *Osnovy podzemnoj gidravliki* [Basics of underground hydraulics]. Moscow, Gostoptechizdat, 1956, 260 p.

*Сологаев Валерий Иванович (Россия, Омск) - доктор технических наук, профессор кафедры городского строительства и хозяйства Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). (644080, г. Россия, Омск, пр. Мира 5, e-mail: sologaev@mail.ru)*

*Чернов Дмитрий Александрович (Россия, Омск) – аспирант Омского государственного аграрного университета им. П.А.Столыпина (ОмГАУ)(644008 г. Россия, Омск, Институтская площадь, 1, e-mail:dmitry\_chernov@list.ru)*

*Sologaev V. I. (Russian Federation, Omsk) – Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Professor, The Siberian automobile and highway academy (SIBADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e – mail: sologaev@mail.ru)*

*Chernov D. A. (Russian Federation, Omsk) - postgraduate student of Omsk state agrarian University P. A. Stolypin (Omgaw)(644008, Omsk, College square, 1, e-mail: dmitry\_chernov@list.ru)*

## РАЗДЕЛ IV

# ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 65.018.2

### МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА ЗАТРАТ НА КАЧЕСТВО ДЛЯ ПРОЕКТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Е. А. Байда<sup>1</sup>, Ю. А. Павлова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

<sup>2</sup>ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по железнодорожному транспорту»

**Аннотация.** В статье рассматриваются основные подходы и приводятся методические рекомендации по разработке систем управленческого учета затрат на качество для проектных организаций в рамках действующей системы менеджмента качества. Данные рекомендации должны повысить результативность действующей в организации системы качества на основе выработки эффективных корректирующих и предупреждающих мероприятий в области качества, а также должны обеспечить создание конкурентных преимуществ проектной организации при участии в тендерных торгах за счет оптимального сочетания цены и качества создаваемой продукции.

**Ключевые слова:** затраты на качество, конкурентоспособность, система управленческого учета, качество проекта, корректирующие и предупреждающие действия.

#### Введение

Проектные организации – это основные участники инвестиционного процесса, направленного на создание объектов капитального строительства. На сегодняшний день в России проектные организации можно условно разделить в зависимости от перечня оказываемых услуг на три категории:

- проектные институты, занимающиеся в основном разработкой проектно-сметной документации на всех стадиях строительства объекта;

- инжиниринговые компании, которые занимаются не только разработкой проектно-сметной документации, но и реализуют функции по типу управляющей компании - заказ и поставки оборудования, осуществление всестороннего сопровождения строительства объектов;

- ЕРС-компании, осуществляющие полный комплекс услуг по строительству объектов, начиная от создания проектно-сметной документации и заканчивая сдачей объекта в эксплуатацию (строительство «под ключ»).

Большая часть отечественных проектных организаций относится к первой категории, что обусловлено особенностью рынка проектных услуг России и тем, что большинство крупных компаний-заказчиков

имеет в своем составе структуры, выполняющие ряд функций ЕРС-компаний, и не готовы от них отказаться или их сократить.

Зарубежный опыт показывает, что наличие всех трех категорий организаций - это нормальное явление на рынке проектных услуг, но деятельность организаций должна быть сбалансирована потребностями рынка.

В своей профессиональной деятельности современные проектные организации сталкиваются с трудностями, основными из которых являются:

- низкая конкурентоспособность;
- недостаток квалифицированных кадров;
- практически полное отсутствие отечественного конкурентоспособного оборудования.

Конкурентоспособность является основным фактором развития и эффективной работы организации в современных рыночных условиях. При этом она зависит в первую очередь от качества производимой продукции или оказываемых услуг, а также от соизмеримости качества и цены [7]. Это важный оценочный критерий для проектных организаций, который является конкурентным преимуществом при участии в тендерных торгах.

Для обеспечения конкурентоспособности, многие проектные организации уже внедрили системы менеджмента качества (СМК), сертифицировав их на соответствие требованиям международных стандартов качества [3]. Но, несмотря на это, экономическим вопросам качества, тесно связанным с понятием конкурентоспособности, в организациях уделяется недостаточно внимания. Так, например, в рамках действующих СМК во многих организациях отсутствует система сбора и учета затрат на качество. Связано это, в первую очередь, с тем, что международные стандарты качества не рассматривают финансовый вопрос управления качеством. Вместе с тем заставить работать систему менеджмента качества на себя, использовать ее положительные функции и достичь определенных результатов, можно только с использованием экономических рычагов. Поэтому проблема управления затратами на качество становится одной из основных в деятельности организации в области обеспечения качества, что и обуславливает актуальность ее изучения.

Одной из главных целей при внедрении в организации системы управленческого учета затрат на качество является разработка нормативных документов по сбору, учету и анализу затрат на качество. При этом основными задачами, позволяющими достичь, поставленной цели являются:

- определение специфики деятельности и особенностей работы организации;
- изучение основных этапов по сбору, учету и анализу затрат на качество, а также существующих подходов к их классификации с целью применения в деятельности конкретной организации;
- анализ реального процесса управления затратами на качество в организации;
- собственно разработка необходимых нормативных документов, регламентирующих процесс сбора, учета и анализа затрат на качество.

Именно специфика деятельности, на наш взгляд, в большей степени определяет форму и содержание системы управленческого учета затрат на качество. Таким образом, в основной части работы будут рассмотрены методические подходы к созданию систем управленческого учета затрат на качество в проектных организациях.

**Разработка систем управленческого учета затрат на качество**

Проектно-ориентированные организации осуществляют свою деятельность преимущественно в проектной форме. Это значит, что каждый проект уникален. Выбор такой формы существования предполагает получение доходов только за счет создания для заказчиков уникальных продуктов, с уникальными характеристиками, что определяет особенности проектного бизнеса, представленные в таблице 1 [4].

Таблица 1 – Особенности проектного бизнеса

Наименование	Особенность
Постоянное повышение требований к качеству проектов	Постоянное совершенствование технологии проектирования и системы контроля технического уровня
Различные системы организации проектирования	Система управления затратами на качества должна разрабатываться на основе внутренних стандартов предприятия
Стоимость и сроки	Постоянный поиск оптимальных решений для выполнения проектов в определенные сроки с четкой себестоимостью
Кадры	творческие личности и узкоспециализированные технические специалисты высокой квалификации.
Планированию работ	Четкое планирование и разделение работ

В большинстве проектных организаций уже функционируют системы менеджмента качества (СМК), сертифицированные на соответствие международных стандартов, но несмотря на это в их рамках не создаются системы учета затрат на качество, хотя классификация затрат на качество является одним из первых этапов внедрения СМК в организации. От того, насколько обоснованно

определены признаки систематизации затрат, зависит возможность их выделения в производственном процессе и эффективность управления ими. Как уже отмечалось выше, связано это с тем, что международные стандарты не уделяют должного внимания проблеме экономики качества.

Однако, проектные организации в рамках действующей SMK ведут сбор затрат, которые относят к затратам на обеспечение качества [2]. Обычно к таким затратам относятся затраты на:

- реализацию корректирующих действий;
- коррекцию;
- реализацию предупреждающих действий;
- обучение персонала в области качества;
- проведение экспертизы проектно-сметной документации (ПСД);

- приобретение программного обеспечения для создания проектов;
- приобретение технических средств;
- выплата штрафных санкций за срыв сроков подготовки проектов.

Проект – это сложный продукт, требующий больших вложений и участия большого количества специалистов. Основные факторы, влияющие на качество проектной документации, представлены на диаграмме Исикавы (см. рисунок 1).

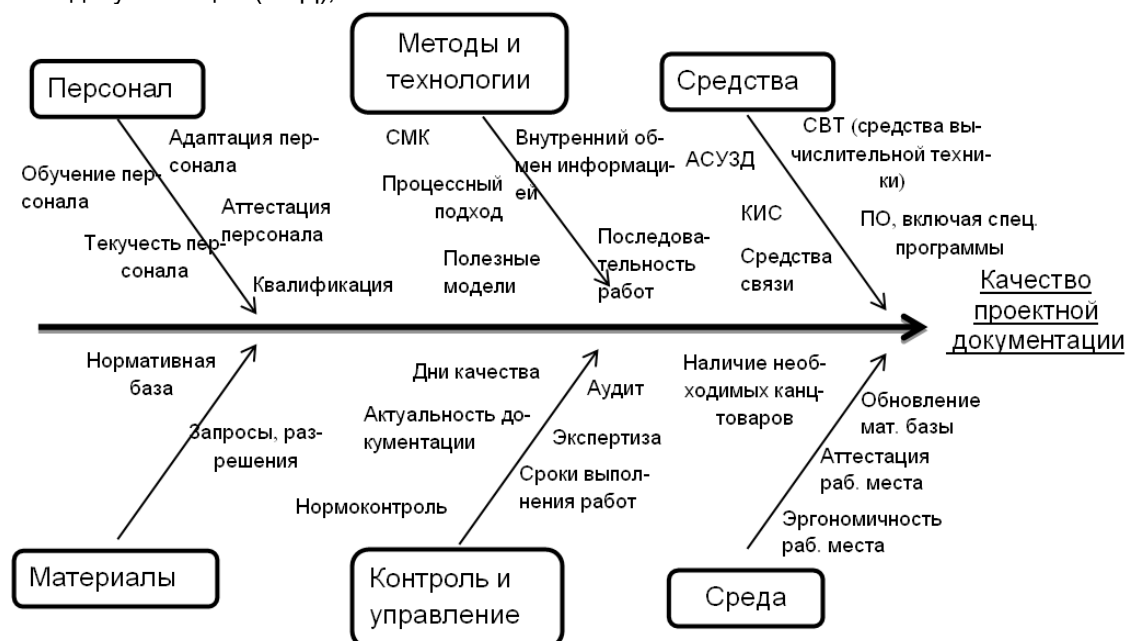


Рис. 1. Факторы, определяющие качество проектной документации

Суммарные затраты на все эти факторы составляют общие затраты на создание проекта. Кроме этого, качество проекта также определяют внутренний и внешний аудит деятельности организации и внешняя экспертиза проекта. Так как стандарты ИСО 9000 не дают рекомендаций по ведению учета затрат на качество, то организациям необходимо самостоятельно разрабатывать данную систему. Обычно функции сбора и учета затрат на качество возложены на финансовый отдел, так как именно он занимается сбором и учетом всех денежных средств организации. В дальнейшем финансовый отдел передает данные о затратах в отдел качества (см. рисунок 2).

На рисунке 2 видно, что в процессе анализа и учета затрат на качество собственно отдел качества играет небольшую роль. Основную часть деятельности по сбору затрат выполняет финансовый отдел, а анализ и принятие решений о последующих

действиях принимается на общем собрании руководителями организации, главными инженерами и начальниками отделов. Таким образом, можно сделать вывод, что процесс сбора, учета и анализа затрат на качества децентрализован, что в значительность степени усложняет выработку и принятие управленческих решений в области качества, и снижает их эффективность.

При разработке системы управленческого учета затрат на качество следует учитывать следующие аспекты, необходимые для ее эффективного функционирования.

Система управленческого учета затрат на качество должна обеспечивать:

1) простоту определения и наглядность представления затрат на качество в процессе создания продукта;

2) порядок отнесения затрат к определенным видам, принятым в организации;

3) возможность формирования на основе данных о затратах корректирующих и предупреждающих мероприятий, для чего должны быть выделены основные факторы, определяющие качество продукции;

4) четкое распределение затрат на необходимые затраты для обеспечения качества и потери, что поможет определить направления оптимизации затрат и оценить их эффективность.



Рис. 2. Алгоритм сбора и анализа данных о качестве

На первом этапе создания системы учета затрат на качество организации необходимо определить какую классификацию затрат она будет применять [6].

Существует множество классификаций затрат на качество, каждая из которых имеет свои достоинства и недостатки. Но в рамках действующей СМК, одним из критериев классификации затрат должен быть процессный подход, который рассматривает функции управления: планирование, учет, анализ, аудит как взаимосвязанные [3].

Состав и структура затрат, сгруппированных по такому признаку, впервые была предложена американским ученым в области качества А. Фейгенбаумом. Классификации затрат на качество по Фейгенбауму получила широкое распространение. Так, например, на ее основе в различных странах были разработаны национальные стандарты, в частности британский стандарт BS 6143 «Руководство по экономике качества» [8].

Процессный подход к управлению качеством предполагает, что качество нельзя обеспечить только путем постоянного контроля, оно должно закладываться в продукцию или услугу еще на этапе их планирования и проектирования [1]. В соответствии с этим, должна строиться и практическая деятельность по обеспечению качества в организации, и формироваться соответствующие затраты. Это и объясняет причину широкого распространения в науке и практике отечественных и зарубежных организаций классификация затрат на качество по А. Фейгенбауму.

Данная классификация может быть предложена для создания систем управленческого учета затрат на качество в проектных организациях, так как она позволит не только разделить полезные затраты и убытки, но и управлять затратами на качество с учетом специфики деятельности организации и особенностей ее продукции.

Именно данная классификация, принятая Комитетом по затратам на качество (QCC) Американским обществом качества, лежит в основе международных стандартов в области экономики качества и сегодня является универсальной, то есть применяемой (при соответствующей переработке) всеми организациями, независимо от их отраслевой принадлежности или сферы деятельности.

Классификация затрат на качество по А. Фейгенбауму для проектной организации представлена на рисунок 3.

Таким образом, для повышения эффективности и результативности системы управления затратами на качество в проектной организации функция их сбора может остаться у финансового отдела, а функции учета и анализа должны быть переданы непосредственно отделу качества, который и будет разрабатывать на основе данных о затратах корректирующие и предупреждающие мероприятия в области качества.



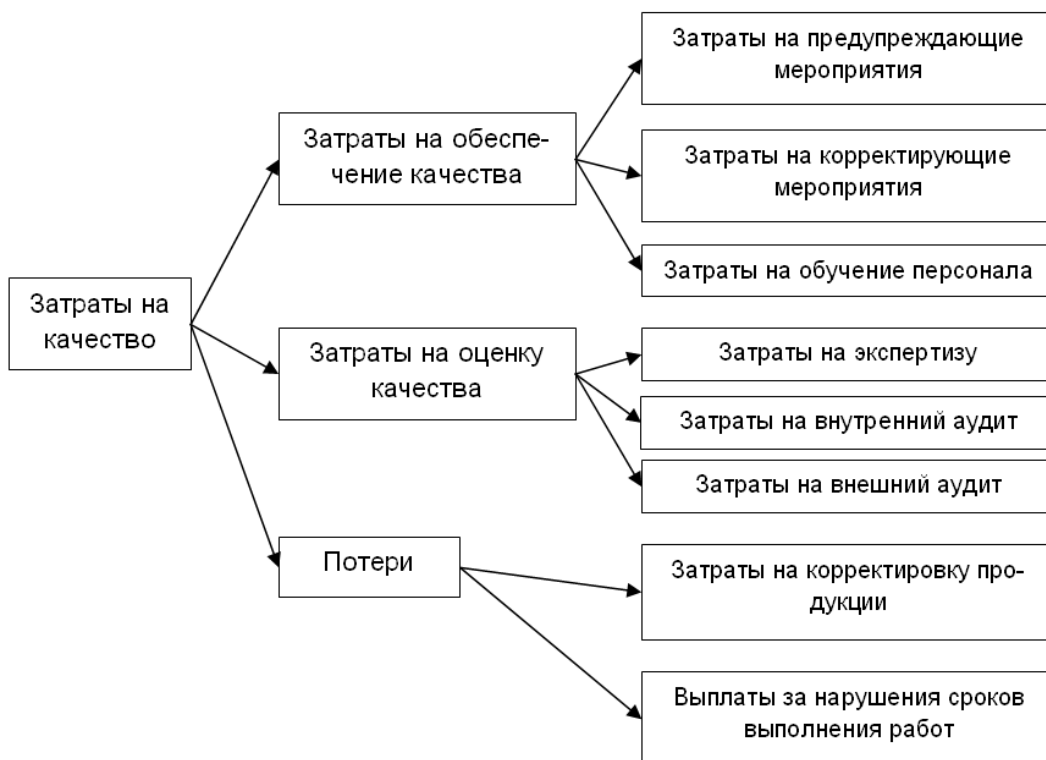


Рис. 3. Классификация затрат по А. Фейгенбауму

Для эффективного управления затратами на качество могут быть предложены формы отчетов предоставления затрат на качество и их визуального представления в виде

диаграмм высшему руководству, руководителям подразделений, и сотрудникам, на основе предложенной классификации затрат (см. рисунок 4, 5).

Затраты на качество в ____ году					
Вид затрат	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.	Всего
Затраты на обеспечение качества					
Затраты на оценку качества					
Потери					
Итого					

Динамика затрат на качество в ____ годах				
Вид затрат на качество	Всего за ____ год тыс. руб.	Всего за ____ год тыс. руб.	Отклонения	
			тыс. руб.	%
Затраты на обеспечение качества				
Затраты на оценку качества				
Потери				
Итого:				

Динамика затрат по годам					
Вид затрат	2010	2011	2012	2013	2014
Затраты на обеспечение качества					
Затраты на оценку качества					
Потери					
Итого					

Структура затрат на качество в ____ году				
Вид затрат на качество	Затраты в ____ году тыс. руб.			Затраты %
	1 полугод.	2 полугод.	Всего за год	
Затраты на обеспечение качества				
Затраты на оценку качества				
Потери				
Итого:				

Рис. 4. Формы отчетов высшему руководству

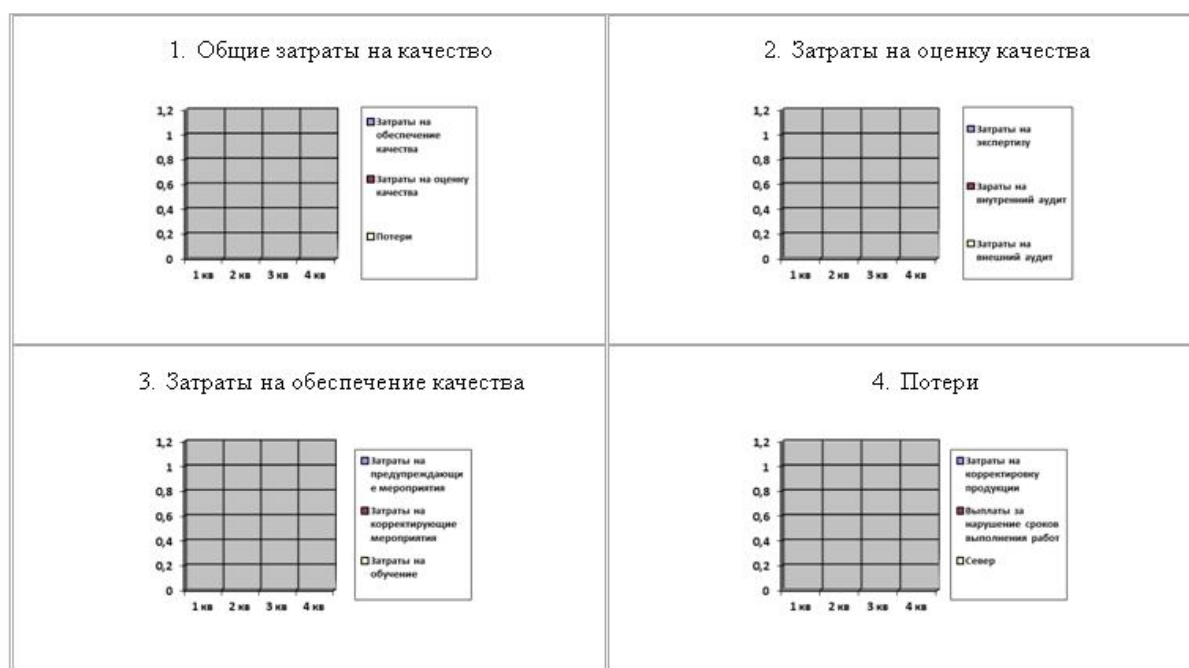


Рис. 5. Диаграммы, отражающие затраты на качество

Предлагаемые примеры форм и диаграмм предназначены для представления данных о затратах на качество высшему руководству организации, что должно помочь в выборе правильного направления развития организации в области качества, а также при разработке стратегии и миссии.

**Заключение**

Качество - это целостная совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные или предполагаемые потребности. Качество проекта включает в себя все аспекты деятельности, начиная от предъявляемых требований к проекту и заканчивая конечным результатом, удовлетворяющим заказчика. Поэтому для определения методических подходов к сбору, учету и анализу затрат на качество в проектной организации необходимо знать какие факторы в большей степени определяют качество проекта, как продукта.

Управленческий учет затрат на качество позволяет разрабатывать и обосновывать эффективные управленческие решения в области обеспечения качества деятельности проектных организаций, так как он предназначен для внутреннего управления организацией, более динамичен и не зависит от внешних показателей.

Используя в процессе управленческого учета затрат на качество классификацию по А. Фейгенбауму, можно легко определить доли затрат на обеспечение качества по видам и объемы потерь от несоответствия уровня качества требованиям заказчиков, тем самым определить первоочередные направления разработки корректирующих и предупреждающих мероприятий.

Рассмотренные выше методические рекомендации по разработке систем управленческого учета затрат на качества для проектных организаций сводятся к тому, что при создании данных систем необходимо учитывать:

- основные факторы, определяющие качество производимого продукта;
- особенности деятельности организации;
- функции структурных подразделений организации в области качества;
- принимаемую классификацию затрат на качество;
- взаимосвязи затрат на качество продукции и результатов деятельности организации.

С учетом этих факторов должна быть разработана система отчетов о затратах на качество высшему руководству, что позволит определить направления совершенствования системы менеджмента качества организации.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 52380.1-2005. Руководство по экономике качества. Часть 1. Модель затрат на процесс. - М: ФГУП «Стандартинформ», 2005. - 20 с.
2. ГОСТ Р 52380.2-2005. Руководство по экономике качества. Часть 2. Модель предупреждения, оценки и отказов. - М: ФГУП «Стандартинформ», 2005. - 12 с.
3. ГОСТ Р ИСО-9004-2010. Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества. - М: ФГУП «Стандартинформ», 2011. - 41 с.
4. Байда, Е. А. Обеспечение качества в управлении проектом / Е. А. Байда, Ю. А. Павлова // *Věda a technologie: krok do budoucnosti* – 2014. – Praha. Publishing House «Education and Science», 2014. – С.97 - 100.
5. Байда, Е.А. Методика оценки экономической эффективности проведения корректирующих действий в производственных процессах / Е. А. Байда // *Вестник СибАДИ*. – 2014. - №1(35). – С. 120 - 126.
6. Тавер, Е. Затраты на качество / Е. Тавер // *Инженер и промышленник сегодня*. – 2013. - №4(4). – С.40 - 44.
7. Хаирова, С. М. Инновационная деятельность как фактор повышения эффективности производства: монография / С. М. Хаирова, Н. П. Реброва и др – Омск: Омский государственный институт сервиса, 2011. – 184 с.
8. Экономика качества. Основные принципы и их применение / Под ред. Дж. Кампанеллы / Пер. с англ. А. Раскина / Науч. ред. Ю. П. Адлер и С. Е. Щепетова. - М.: РИА «Стандарты и качество», 2005. - 232 с.

**METHODICAL RECOMMENDATIONS ON SYSTEM'S DEVELOPMENT OF MANAGEMENT ACCOUNTING OF EXPENSES FOR DESIGN ORGANIZATIONS' QUALITY**

E. A. Bayda, Y. A. Pavlova

**Abstract.** The article dwells on the main approaches and methodical recommendations on system's development of management accounting of expenses for design organizations' quality within existing quality management system. These recommendations must increase effectiveness of the quality system existing in the organization on the basis of elaboration of effective correcting and warning actions in the area of quality, as well as provide creation of competitive advantages of a design organization at participation in tenders at the expense of an optimum combination of a price and quality of created production.

**Keywords:** expenditures for quality, competitiveness, system of management accounting, quality of a project, correcting and warning actions.

References

1. GOST R 52380.1-2005. Guide to quality economy. Part 1. Model of expenses for process. Moscow, Standartinform, 2005, 20 p.
2. GOST R 52380.2-2005. Guide to quality economy. Part 2. Model of the prevention, assessment and refusals. Moscow Standartinform, 2005, 12 p.
3. GOST R ISO-9004-2010. Managing for the sustained success of an organization – A quality management approach. Moscow, Standartinform, 2011, 41 p.
4. Bayda E. A., Pavlova Y. A. Ensuring quality in management of the project. *Věda a technologie: krok do budoucnosti*. 2014, Praha. Publishing House Education and Science, 2014, pp. 97 - 100.
5. Bayda E. A. Metodika ocenki jekonomicheskoj jeffektivnosti provedeniya korrektrujushhij dejstvij v proizvodstvennyh processah [Technique for assessing economic efficiency of carrying out correcting actions in production]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 1(35), pp. 120 - 126.
6. Taver E. Zatraty na kachestvo [*Expenditures for quality*]. *Inzhener i promyshlennik segodnja*. Moscow, Inzhener i promyshlennik, 2013, no. 4 (4), pp. 40 - 44.
7. Hairova S. M., Rebrov N. P. *Innovacionnaja dejatel'nost' kak faktor povysheniya jeffektivnosti proizvodstva* [Innovative activity as a factor of increasing efficiency of production]. Omsk, Omskij gosudarstvennyj institut servisa 2011, pp. 123 - 132.
8. Quality economy. The basic principles and their application. Under the editorship of J. Campanella. Nauch. edition Yu. P. Adler and S. E. Shchepetova. Moscow, RIA Standart and kachestvo, 2005, 232 p.

*Байда Елена Александровна (Россия, г. Омск) кандидат экономических наук, доцент кафедры «Управление качеством и сервис» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ) (644080, Россия, г. Омск пр. Мира, 5, e-mail: baida\_elena@mail.ru)*

*Павлова Юлия Алексеевна (Россия, г. Омск) - менеджер по качеству ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по железнодорожному транспорту» (644014, Россия, г. Омск, ул. 5 – я Марьяновская 46, корп. 6, e-mail: Laveday200@mail.ru)*

*Bayda E. A. (Russian Federation, Omsk) - Ph.D. in Economics, Associate Professor, department of the «Management of Quality and service» The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, department, e-mail: baida\_elena@mail.ru)*

*Pavlova Yu. A. (Russian Federation, Omsk) - quality manager The center of hygiene and epidemiology for railway transport (644014, Omsk, st. 5 – I Maryanovskaya 46, a building 6, e-mail: Laveday200@mail.ru)*

656.07

## ВОПРОСЫ ВЕДЕНИЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ПРОЦЕССНОГО УПРАВЛЕНИЯ

С. А. Бородулина

Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики"  
(НИУ ВШЭ - Санкт-Петербург). Россия, г. Санкт-Петербург

**Аннотация.** В статье приводится актуальность и необходимость перехода на основы процессного управления при осуществлении предпринимательства в транспортной отрасли, дается характеристика особенностей процессного подхода в управлении предприятиями, осуществляющими предпринимательскую деятельность на транспорте. Описываются недостатки широко используемого структурного подхода в управлении и обосновываются преимущества процессно-ориентированного управления. Схематично описываются результаты внедрения процессного подхода в управлении деятельностью на автомобильном транспорте.

**Ключевые слова:** процессный подход, менеджмент, предпринимательская деятельность, структурное управление, эффективность.

### Введение

В современных условиях ведения предпринимательской деятельности проблема выбора методов управления и развития субъектов предпринимательства приобретает особую актуальность. В условиях непредсказуемой конъюнктуры рынка транспортных услуг и жесткой конкуренции представленных на нем субъектов хозяйствования, порожденной в том числе и факторами глобального характера, гибкость в условиях геополитической напряженности, быстрота и адекватность реакции систем управления предприятиями, точность выполнения деловых операций и эффективность предприятий отрасли приобретают особую значимость. Возникает необходимость в адекватных инструментах и методах, способных транспортным предприятиям стать более эффективными, найти пути, обеспечивающие возможности достижения экономической устойчивости.

Целью данного исследования является выявление преимуществ и недостатков процессного подхода и его сравнение со структурным подходом, используемым преимущественно в деятельности на транспорте в настоящее время.

### Способы исследования проблемы

В теории существуют различные концепции управления предприятиями, включая сферу транспортного предпринимательства, основной задачей которых является обеспечение устойчивости развития и совершенствования процессов

обслуживания отраслей экономики при эффективном использовании всех видов ресурсов. Очевидно, что методы и стили управления определяются часто теми тенденциями, которые определяют и развитие рынка транспортных услуг и условия деятельности предпринимателей в данной сфере.

В настоящее время можно выделить такие основные тенденции развития теории и практики управления предпринимательской деятельностью на транспорте:

- выделение из комплексных транспортных предприятий дочерних предприятий, специализированных по разным видам перевозок;
- увеличение доли международных и интермодальных перевозок, а также экспорт автотранспортных услуг;
- признание целесообразности оценки качества перевозочного процесса и его результативности по ключевым показателям эффективности (KPI);
- переход от функционального (структурного) управления к управлению бизнес-процессами предприятий автомобильного транспорта;
- непрерывное совершенствование бизнес-процессов и оптимизация их элементов;
- использование информационных технологий [2].

Кажется логичным проследить ретроспективу научных подходов к управлению, являющихся основой современной теории управления

предприятиями, начиная с 1776 года появления принципа разделения труда А. Смита в период промышленной революции и до настоящего времени, характеризующегося всесторонней модернизацией технологий, процессов и функций управления.

Начиная с 1950-х годов послевоенной экономики, прослеживается рост спроса, сопровождающийся наращиванием производственных мощностей и возникновением качественного подхода Э. Деминга в управлении, а также управления по целям П. Друкера, предполагающего наличие взаимосвязи между управляющими подразделениями предприятий и внешней средой. В условиях быстроменяющейся внешней среды, характерной для западной экономики 70-х годов И. Ансоффом предложена теория стратегического управления и инжиниринга предприятий, в 80-х годах в связи со сменой направленности рынка на потребителя и его запросы, ростом конкуренции и возникновением новых технологий трансформировавшаяся в концепцию менеджмента, ориентированную на процессы.

В современной теории управления выделяют подходы к управлению предпринимательской деятельностью на основе функционального (структурного) и процессного управления. Так, например, Репин В. В. и В. Г. Елиферов [8] отмечают, что в большинстве работ, посвященных процессному подходу в управлении, существует «противопоставление процессного и функционального подходов, принципиально различных ... и взаимно несовместимых». Однако, исследование практики ведения предпринимательства на транспорте показало, что современные методы управления в основном строятся на основе положений структурного (функционального) подхода.

Традиционная функциональная модель управления предприятием А. Смита исходит из того, что работники обладают невысокой квалификацией, в связи с чем предлагаемые им задачи предельно просты. Кроме того, А. Смит доказывал, что люди работают наиболее эффективно в тех случаях, когда обязаны выполнять единственную понятную им работу (процедуру). Сутью функционального управления является контроль над исполнением сотрудниками их функций и строгое выполнение работниками указаний руководителя (менеджера). Определяющим параметром эффективности управления в данном случае выступает

квалификация менеджера, поскольку он сам распределяет сферы деятельности между подчиненными.

Сложившиеся методы управления предпринимательской деятельностью в рамках функционального (структурного) подхода предполагают такие инструменты: иерархические организационные структуры, управление по структурным элементам (подразделениям, цехам, колоннам, отделам), взаимодействие через структурные элементы более высокого уровня и пр. Хотя функциональное (структурное) управление используется широко, и несмотря на его преимущества, описанные Ф. Тейлором, достаточно давно признано, что оно порождает также и множество трудностей.

Однако, по оценке ряда авторов [8 и пр.], с которой следует согласиться и которую подтверждает практика работы предприятий транспорта, «функциональные подразделения, отделы прямо не заинтересованы в общих результатах, поскольку системы оценки их деятельности оторваны от результативности компании в целом».

Кроме того, основываясь на результатах исследований [5 и пр.], к недостаткам функционального подхода следует отнести:

1. Отсутствие гибкости управления предприятием в результате существования неэффективных горизонтальных связей между подразделениями, что приводит к длительным процедурам принятия управленческих решений, а также к излишним контролирующим процедурам, связанным с конечными результатами выполнения бизнес-процесса, возникновению конфликтных ситуаций и отсутствию заинтересованности работников в эффективных результатах бизнес-процесса, в результате чего падает конкурентоспособность услуг предприятия, появляется перерасход ресурсов, могут быть нарушены обязательства по выполнению договоров и прочим негативным ситуациям.

2. Отсутствие ориентации на клиента, так как главным потребителем и контролером результатов работы является руководитель, что способствует уклонению от ответственности на всех уровнях управления предприятия.

3. Предпочтение оперативных сиюминутных целей управления предприятием в ущерб стратегическим целям и задачам в виду функциональной организации производства и труда, когда вся работа предприятия представлена в виде системы подразделений (отделов, служб, цехов и пр.),

ориентированных на реализацию одной-двух главных функций управления.

4. Отсутствие ответственности за конечный результат в целом, что порождает проблемы на стыках разных функциональных подразделений предприятий транспорта.

5. Эффективность работы подразделений часто достигается в ущерб общей эффективности предпринимательской деятельности.

Также к недостаткам такого подхода, по мнению авторов научных трудов [9 и пр.], можно отнести то, что вся технология работ или услуг разбивается на элементы, не связанные между собой блоки (фрагменты), которые выполняются разными подразделениями оргструктуры предприятия, в связи с чем для целей управления не достает общего цельного понимания всей технологии оказания услуг либо выполнения работ. Кроме того, следует отметить недостаток ответственности, сосредоточенной в руках одного лица за итоги работы и контроль всей технологии выполняемых работ (услуг), что приводит к рассредоточению функций контроля и распылению ответственности, что, в свою очередь, приводит к росту накладных расходов. Также часто отмечается неэффективная информационная поддержка, которая обусловлена автоматизацией работы отдельных элементов организационной структуры предприятия, а также неудачами внедрения информационных систем (сетей) в целом на предприятии.

Однако названные принципы управления неактуальны в современных условиях развития экономики, менеджмента, информационных технологий благодаря постоянному техническому совершенствованию и модернизации технических и эксплуатационных процессов работы предприятий автомобильного транспорта. Принципы функционального (структурного) управления, или, как его называют в ряде научных работ, функционально-ориентированного управления предпринимательской деятельностью существенно расходятся с требованием современных экономических условий развития, клиентоориентированности бизнеса, гибкости и адаптивности результатов деятельности предприятия под потребности рынка транспортных услуг и конкретного клиента, о чем свидетельствуют приведенные недостатки структурного управления. Также в работах современных ученых [10, 12 и пр.] доказано, что понимание

характера труда как функционально-ориентированного, устарело, поскольку контингент заказчиков, конкуренция и технологические факторы и процессы существенно изменили макросреду бизнеса.

Процессный подход в управлении предприятиями получил развитие в 1990-х годах в условиях экономического спада западной экономики и в науке в трудах Т. Дейвенпорта, М. Хаммера, Дж. Чампи.

В современном мире для снятия ограничений структурного (функционального) управления и организации бизнеса, который не обеспечивает горизонтальные связи, для повышения прозрачности исполнения, гибкости, адаптивности бизнес-процессов под требования клиентов в науке и практике предлагается использование процессного подхода в управлении, который предполагает концентрацию усилий не на обособленных функциях структурных компонентов предприятия, а на цепочках работ, которые проходят через различные структурные подразделения и объединены в процессы.

Анализируя историю российского предпринимательства, приходим к выводу о том, что предпосылки развития процессного подхода к управлению в теории и практике бизнеса реально существуют в настоящее время.

Процессный подход в предпринимательской деятельности на транспорте максимально реализует кооперацию функциональных звеньев, направленную на достижение результата. Именно в этом случае уместно говорить о понятии бизнес-процесса, под которым понимается структуризация горизонтальных связей фирмы.

В теории управления процессный подход рассматривается как подход, определяющий исследование функционирования предпринимательской деятельности в том числе, и на автотранспорте, как сети бизнес-процессов, которые связаны с целями, стратегией и миссией данного предприятия.

Под процессным подходом, согласно стандарта ИСО 9001:2000, подразумевают систематическую идентификацию и управление бизнес-процессами предприятия, а также обеспечение их взаимодействий [6]. В процессном управлении предприятие рассматривается в качестве системы (совокупности) взаимосвязанных и взаимодействующих посредством функций управления элементов единой системы, которые ориентированы на достижение разных целей в условиях нестабильности.

По мнению многих авторов, в т.ч. авторов [1], процессный подход в управлении ориентирован не на организационную структуру, а на бизнес-процессы, конечными целями выполнения которых, является создание продуктов или услуг, представляющих ценность для внешних или внутренних потребителей.

Современные концепции управления трактуют главную задачу предпринимательства в ходе достижения рыночных целей так: каждый клиент требует индивидуального отношения, с каждой клиентской группой надо работать по-особому, выстраивать свой бизнес-процесс. Для предприятия, реализующего новый подход в своей деятельности в условиях нестабильности рынка, это главный инструмент достижения устойчивости, опирающийся на глубокую детализацию процедур, операций, работ и процессов, четко закрепляющий ответственность и задачи за каждым работником коллектива и группами работников.

### **Результаты исследования**

Таким образом, переход к процессному управлению предприятием является необходимым условием повышения конкурентоспособности на рынке, характеризующемся сложной нестационарной динамикой.

Основными чертами процессного управления, в чем сходятся мнения ряда авторов [1,3,4,7,8 и др.], являются расширение ответственности путем передачи функций контроля и принятия решений исполнителям работ, что приводит к снижению числа уровней принятия управленческих решений. Это в результате приводит систему управления предприятием к сочетанию управления по целям и коллективной организации труда. Все авторы работы по процессному управлению отмечают резкое повышение качества услуг, что вызвано спецификой данного подхода и его приоритетами.

Усложнение производства, стремление к стабилизации положения предприятия на рынке в условиях неустойчивой конъюнктуры, приводит к усложнению, как производства, так и управления им. В большинстве случаев для того, чтобы снизить неопределенность в принятии управленческих решений, сделать эффективной работу каждого отдельного работника и коллектива в целом, приходится выделять этапы и последовательности (цепочки) операций и действий, описывать взаимосвязанные процессы, определять и

разделять виды работ, которые закрепляются за каждым членом коллектива, выполняющим функции управления производством.

Процессный подход, на наш взгляд, ввиду его преимуществ перед функциональным, описанным выше, может быть использован для организации и оперативного, и текущего, и стратегического управления, является основой многих современных методик и инструментов стратегического управления с применением ключевых показателей эффективности (*KPI – Key Performance Indicators*), включая систему сбалансированных показателей (ССП или *BSC – Balanced Scorecard*).

Как правило, как отмечает автор [7] собственники и топ-менеджеры предприятий связывают с применением процессного подхода возможности решения таких актуальных проблем как снижение затрат на выполнение бизнес-процессов, одновременно признавая рост затрат в части оплаты труда более профессиональных специалистов, повышение управляемости и прозрачности управления, ускорение принятия решений, снижение влияния человеческого фактора в результате лучшей регламентации выполняемых действий, а главное, наличие ответственности за результат в целом. В рамках процессного подхода смещаются акценты управления с объектов «ресурсы», «службы» на «бизнес-процессы».

Для предприятий, осуществляющих предпринимательскую деятельность в сфере транспорта, в связи с усложнением структуры и видов услуг, неуклонным ростом требований клиентов к их качеству, необходимостью управлять не эксплуатационной деятельностью в целом, а отдельной цепочкой доставки, процессный подход является современной основой научной организации производства с учетом технологических достижений отрасли.

Наиболее приемлемой в этом случае научной платформой к организации управления предприятием выступает процессный подход, еще и потому, что практика доказывает востребованность этого методологического инструмента, а доля предприятий, внедряющих процессный подход, увеличивается, что доказывает его высокую актуальность. Формирование, управление, контроль и оптимизация бизнес-процессов производится на тех предприятиях, где применяют процессный подход в менеджменте. Процессный подход включает в себя направленное воздействие на процессы и подпроцессы, которые

выделяют и закрепляют за подразделениями и сотрудниками предприятий. К процессному управлению чаще обращаются руководители организаций, которые имеют потенциал для роста и развития.

Процессный подход рассматривается как один из способов улучшения результатов предпринимательской деятельности. При внедрении процессного подхода топ-менеджеры и собственники предприятия ожидают решения некоторых проблем (рис.1). Процессный подход нацелен на управление не отдельными структурными элементами, а бизнес-процессами и подпроцессами, связывающими воедино деятельность этих структурных элементов.

Как показывает практика ведения предпринимательской деятельности на транспорте, управление в современных условиях развития отрасли редко

ориентировано на бизнес-процессы, чаще сосредоточено на результатах выполнения отдельных задач, операций, функций. Тем не менее, в настоящее время процессный подход завоевывает все больше приверженцев. Топ-менеджеры предприятий пытаются освоить и внедрить методы процессного подхода и за счет этого повысить эффективность предпринимательской деятельности. Однако зачастую несколько лет, потраченных на внедрение, не дают ожидаемого результата. Одной из главных причин неудачного внедрения является существование большого разнообразия подходов к трактовке процессного управления, которые нередко противоречат друг другу, и неправильно интерпретируются и применяются при внедрении.

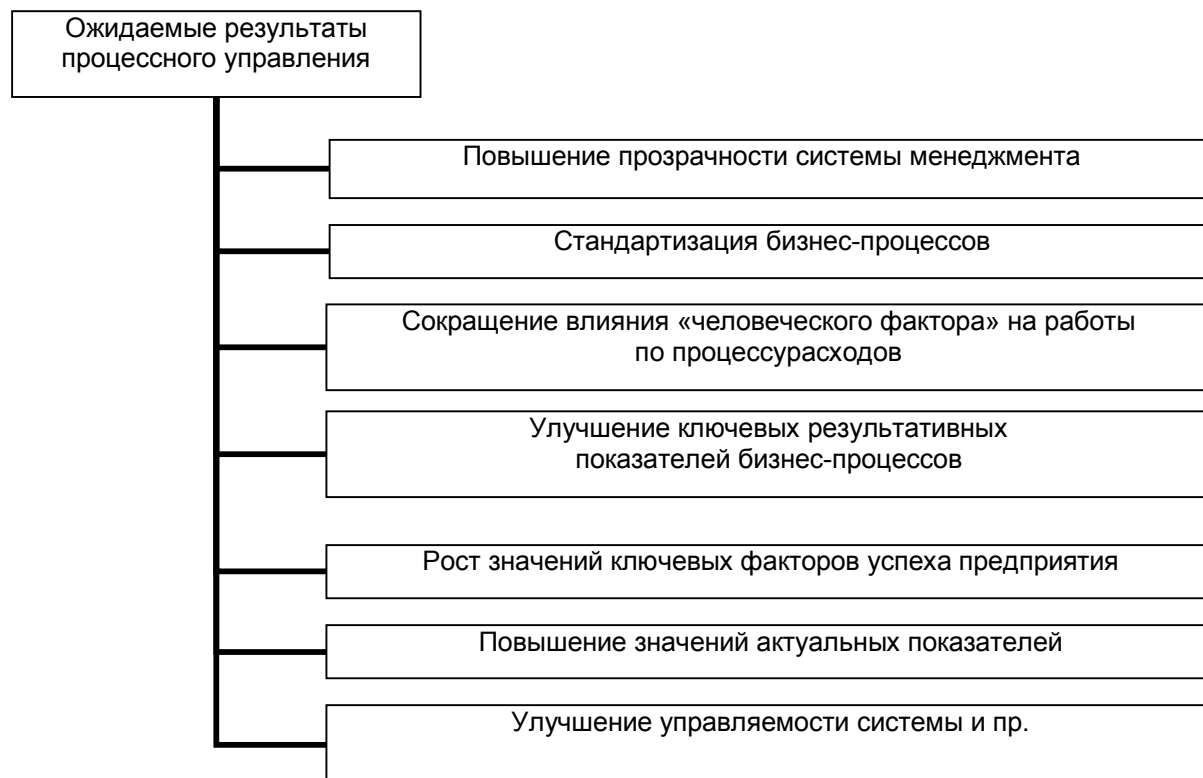


Рис.1. Ожидаемые результаты использования процессного подхода в управлении предприятием транспорта

Можно согласиться с мнением Репина В. В. и Елиферова В. Г., которые утверждают, что расплывчатое понятие процессного подхода в России обусловлено пока еще недостаточно обширным развитием системы менеджмента качества (СМК), недостаточным

опытом, собственной трактовкой этого понятия разнообразными консалтинговыми компаниями, а также недостаточной подготовкой управленцев в области СМК и процессного управления.



По мнению Хамидовой В. М. [11], которое подтверждается также и особенностями практики работы предприятий транспорта, на сегодняшний день существуют объективные предпосылки перехода на процессно-ориентированное управление:

- прогресс в информационных технологиях в сфере производства и управления;
- эволюционная трансформация рынков сбыта, индивидуализация продуктов массового потребления;
- рост конкуренции и научно-технического прогресса.

При внедрении процессного подхода достигается повторяемость и предсказуемость. Процессное управление в некоторой степени, на наш взгляд, ограничивает развитие специалиста, предполагает узкий набор операционных работ, но снижает влияние человеческого фактора на результативность деятельности предприятия, что является актуальным в современных условиях развития отрасли.

### Заключение

Таким образом, анализ практики работы предприятий автомобильного транспорта показал, что процессный подход в управлении используют немногие, хотя представление о бизнес-процессах имеет большинство специалистов по организации перевозок. Однако, с учетом раскрытых выше преимуществ процессного подхода, а также при условии существенного увеличения гибкости систем управления предприятиями транспорта, в современных условиях ведения предпринимательской деятельности в данной сфере применение процессного подхода к управлению автотранспортным предприятием может являться перспективным и оправданным.

### Библиографический список

1. Абдикеев, Н. М. Реинжиниринг бизнес-процессов: учебник / Н. М. Абдикеев, Т. П. Данько, С. В. Ильдеменов, А. Д. Киселев. – М.: Эксмо, 2007 – 879с.
2. Беляев, В. М. Грузовые перевозки: учебное пособие / В. М. Беляев - М.: Академия, 2011.- 176 с.
3. Бородулина, С. А. Проблемы описания внутренних кризисов транспортной компании в условиях развития процессного подхода в менеджменте / С. А. Бородулина // Формирование транспортно-логистической инфраструктуры. Стратегическое направление повышения конкурентоспособности транспортного комплекса России. Материалы III Международной научно-практической конференции. - Омск: Полиграфический центр КАН, 2010. – 257 с.

4. Бородулина, С. А. Реинжиниринг бизнес-процессов автотранспортного предприятия как инструмент технологической и управленческой модернизации / С. А. Бородулина // Вестник ИНЖЭКОНа. – 2010. - №5 (40). - С.225 – 229.

5. Логинов, К. В. Теория и методология процессного управления промышленным предприятием: автореф. дисс. на соиск. д.э.н. / К. В. Логинов. – СПб, 2009 – 39 с.

6. МС ИСО 9000:2000 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.

7. Реинжиниринг бизнес-процессов / под ред. А. О. Блинова. – М.:ЮНИТИ-ДАНА, 2010 – 343 с.

8. Репин, В. В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Елиферов. - М.: РИА «Стандарты и качество», 2005 – 408 с.

9. Робсон М., Уллах Ф. Практическое руководство по реинжинирингу бизнес-процессов/ Пер. с англ. под ред. Н. Д. Эриашвили. - М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997 – 324 с.

10. Ротер М. Учитесь видеть бизнес-процессы: Практика построения карт потоков создания ценности / М. Роттер, Дж. Шук. – М.: Альпина Паблшер, 2005 – 144 с.

11. Хамидова, В. М. Содержание процессно-ориентированного подхода к управлению организацией / В. М. Хамидова // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2008. - №1. – С.46-49.

12. Ходак, Е. Оптимизация бизнес-процессов в российских компаниях / Е. Ходак // Бизнес без проблем. – 2002. - №12. – С.73-79.

### THE PROBLEMS OF CONDUCTING ENTREPRENEURIAL ACTIVITY ON TRANSPORT USING METHODS OF PROCESS MANAGEMENT

S. A. Borodulina

**Abstract.** The article describes the relevance and necessity of transfer to the bases of process management at implementation of entrepreneurship in transport sector, there is presented a characteristic of peculiarities of process approach in operation of enterprises, conducting entrepreneurial activity on transport. The paper describes deficiencies of widely used structural approach in management and justifies advantages of process-oriented management. The results of process approach's introduction to management of activity on motor transport are described diagrammatically.

**Keywords:** process approach, management, entrepreneurial activity, structural management, efficiency.

### References

1. Abdikeev N. M., Danko T. P., Ildemenov S. V., Kiselev A. D. *Reinzhiniring biznes-processov*. [Reengineering of business processes]. Moscow, Eksmo, 2007, 879 p.
2. Belyaev V. M. *Gruzovye perevozki. uchebnoe posobie* [Cargo transportation: textbook]. Moscow, Akademiya, 2011, 176 p.

3. Borodulina S. A. Problemy opisaniya vnutrennih krizisov transportnoy kompanii v usloviyah razvitiya processnogo podhoda v menedzhmente [Problems of describing internal crises of a transport company in the conditions of development of process approach in management]. *Formirovanie transportno logisticheskoy infrastruktury. Strategicheskoe napravlenie povysheniya konkurentosposobnosti transportnogo-kompleksa Rossii. Materialy III mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii*. Omsk-poligraficheskii centr KAN, 2010. 257 p.

4. Borodulina S. A. Reinzhiniring biznes-processov avtotransportnogo predpriyatiya kak instrument tehnologicheskoy i upravlencheskoy modernizatsii [Reengineering of business processes of a motor transport enterprise as an instrument of technological and administrative modernization]. *Vestnik INZHEKONA, Seriya Ekonomika*, 2010, no 5-40, pp. 225 - 229.

5. Loginov K. V. *Teoriya i metodologiya processnogo upravleniya promyshlennym predpriyatiem*. Avtoref. diss. na soisk. Dokt. ekonom. nauk [Theory and methodology of process management of an industrial enterprise]. St. Petersburg, 2009, 39 p.

6. *MS ISO-9000-2000 Sistemy menedzhmenta kachestva. Osnovnye polozheniya i slovar* [MS ISO 9000:2000 of Quality management systems. Basic provisions and dictionary]

7. *Reinzhiniring biznes-processov* [Reengineering of business processes]. pod red. A.O. Blinova. Moscow, Yuniti, 2010, 343 p.

8. Repin V. V., Eliferov V. G. *Processnyy podhod k upravleniyu. Modelirovanie biznes-processov* [Process approach to management. Modeling of

business processes]. Moscow, Ria-standarty i kachestvo, 2005, 408 p.

9. Robson M., Ullah F. *Prakticheskoe rukovodstvo po reinzhiniringu biznes-processov* [Practical guidance on reengineering of business processes]. Per. angl., podred. N. D. Eriashvili. Moscow, Audit-Yuniti, 1997, 324 p.

10. Roter M. *Uchites videt biznes-processy. Praktika postroeniya kart potokov sozdaniya cennosti* [Learn to see business processes: Practice of mapping streams of value's creation]. M. Rotter, DzhShuk. Moscow, Alpina-publisher, 2005, 144 p.

11. Hamidova V. M. Soderzhanie processno-orientirovannogo podhoda k upravleniyu organizatsiy [The content of the process-oriented approach to management of an organization]. *Vestnik astrahanskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta*, 2008, no 1, pp. 46 - 49.

12. Hodak E. Optimizatsiya biznes processov v rossiyskikh kompaniyah [Optimization of business processes in the Russian companies]. *Biznes bez problem*, 2002, no 12, pp. 73 - 79.

*Бородулина Светлана Анатольевна (Россия, г. Санкт-Петербург) – доктор экономических наук, доцент НИИ ВШЭ в Санкт-Петербурге, департамент Логистики и управления цепями поставок (198099, г. Санкт-Петербург, ул. Промышленная, 14, e-mail: piter00000@mail.ru)*

*Borodulina S. A. (Russian Federation, St. Petersburg) - doctor of economics, professor, department of logistics and SCM, Higher School of Economics in St. Petersburg. Saint-Petersburg (198099, St. Petersburg, Promyshlennaya, 14, e-mail: piter00000@mail.ru)*

УДК 657

## ИЗМЕНЕНИЯ В УЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ КОМПАНИЙ ПРИ ВХОДЕ В СТРАТЕГИЧЕСКИЙ АЛЬЯНС

А. Э. Вильмс

Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС), Россия, г. Омск

**Аннотация.** В данной статье рассматривается понятие «стратегический альянс», раскрываются общие аспекты его функционирования. Представлено детальное объяснение понятия «учетно-аналитическая система», описаны ее структура и содержание. Описывается специфика работы учетно-аналитической системы в стратегических альянсах и изменения в бизнес-процессах, которые должны быть учтены в этой системе. На основе проведенного исследования анализируется пример вертикального сбытового стратегического альянса, выявлены основные изменения в учетно-аналитических системах производителя и дилера.

**Ключевые слова:** стратегический альянс, учетно-аналитическая система, бизнес-процесс, контрактный альянс, совместное предприятие

### Введение

Стратегические альянсы являются сравнительно недавней формой сотрудничества и взаимодействия

экономических агентов с целью достижения своих долгосрочных целей. Важность стратегических альянсов в современной экономике сложно переоценить – по словам

А. О. Знаменского «развитие стратегических альянсов, которое происходит в последние 10-15 лет, является одной из наиболее заметных особенностей настоящего времени» [7, С.11]. Такие альянсы заключаются практически постоянно; только в январе 2014 запрос «стратегический альянс» в поисковых системах Интернет выдает порядка десяти новостей о заключении такого рода сотрудничества в различных отраслях – от авиаперевозок до фармацевтики, от информационных технологий до добычи нефти. Изучение учетно-аналитической системы таких форм объединения организаций позволит увеличить их общую эффективность, повысить качество бухгалтерской отчетности и улучшить процесс принятия управленческих решений.

### **Стратегические альянсы в современном мире**

Понятие «стратегический альянс» не имеет закреpigшегося определения ни в российской, ни в западной науке. Например, исследователи М. И. Гельвановский и Т. А. Литвинова дают достаточно широкое определение этому термину – это «соглашение о сотрудничестве между двумя или несколькими компаниями, которые идут дальше, чем проведение обычных торговых операций, но не доводят дело до слияний и поглощений» [4, С.158]. М. В. Ботнарюк рассматривает формирование стратегических альянсов как «одну из форм преодоления негативных последствий, вызванных природой глобализации» [2, С.29]. В. Р. Галиева и В. В. Авилова также утверждают, что стратегические альянсы служат для «обеспечения сбалансированности стратегических интересов ведущих производителей и их объединений» [3, С.142] на фоне активно развивающихся глобализационных процессов.

Подход западной науки к определению этого термина более широк, например, по мнению Р. Гулати стратегические альянсы представляют собой «заключенные по свободной воле соглашения между фирмами, которые включают обмен, деление и развитие ресурсов» [5, С.7]. Хайдер описывает такие альянсы просто как «долгосрочное сотрудничество между компаниями по достижению некоторых стратегических целей» [9, С.3]. П. Дуссодж и

Б. Гаррет видят стратегические альянсы «как компромисс между покупкой части бизнеса и его созданием» [6, С.37].

Тем не менее, в большинстве исследований эффективные коммуникации и обмен информацией выделяются как одна из основных причин успеха стратегических альянсов [8]. Эффективность альянса связана с достижением стратегических целей всех партнеров, что возможно лишь при высоком уровне координации всех материальных, финансовых и трудовых ресурсов. Обмен как актуальной, повседневной, так и долгосрочной, стратегической информацией является критически важным для жизнедеятельности стратегического альянса.

Создание стоимости внутри альянса все более и более связывается с информационным капиталом организации [8]. Таким образом, изучение перераспределения и создания в рамках стратегического альянса качественно новой актуальной информации позволит понять причины успехов и падений стратегических альянсов, выделить некоторые рекомендации по повышению эффективности их действий.

Формальной частью информационного капитала организации является информационная система. Согласно Н. Н. Хахоновой, информационная система – «это, в широком смысле, совокупность технического, программного и организационного обеспечения, а также персонала, предназначенная для того, чтобы своевременно обеспечивать надлежащих людей надлежащей информацией» [10, С.234]. Составной частью ИС является учетно-аналитическая система, содержащая в себе актуальную финансовую и бухгалтерскую информацию. Таким образом, успех стратегического альянса частично зависит от того, каким образом будет создаваться, и распределяться информация в рамках учетно-аналитических систем, как отдельных партнеров, так и всего альянса.

### **Определение учетно-аналитической системы**

Учетно-аналитическая система является моделью движения информации в компании, в общем виде ее можно наглядно представить при помощи IPO модели (Input-Process-Output), см. рисунок 1.

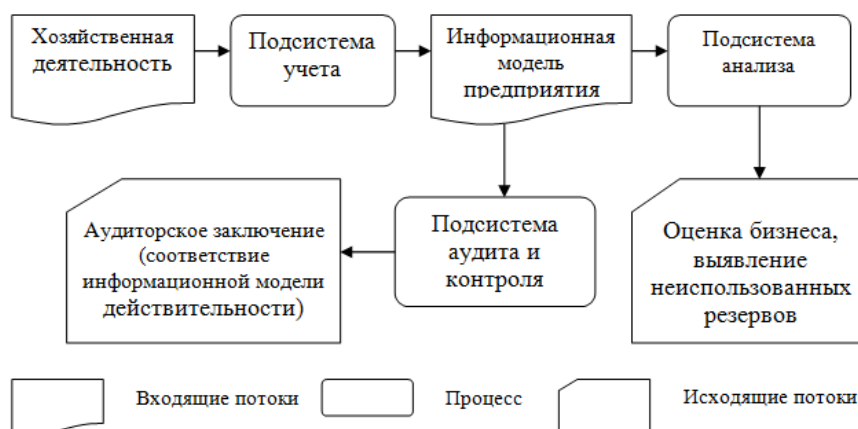


Рис. 1. IPO-модель учетно-аналитической системы [составлено автором]

Подсистема учета своей самой общей целью ставит информационное моделирование функционирования предприятия – движения материальных и финансовых ресурсов в рамках организации. Подсистема анализа дает качественную оценку тем изменениям, которые были зарегистрированы за определенный период в подсистеме учета, путем сопоставления данного периода с прошлыми, со средними показателями по отрасли, с плановыми значениями и т.д. Подсистема аудита и контроля отвечают за максимальное соответствие информационной модели реальности. Необходимо также отметить, что вся учетно-аналитическая система реализована при помощи программного обеспечения, имеет свою физическую и логическую структуру. Будучи динамической системой, учетно-аналитическая система

подвержена как повседневным изменениям (регистрация инвойсов и их оплата, создание управленческих отчетов, закрытия бухгалтерских периодов и прочее), так и более крупным, целенаправленным (смена программного обеспечения, отражение новых бизнес-процессов и т.д.)

Необходимо отметить, что каждая из представленных подсистем является совокупностью определенных бизнес-процессов, которые также описываются моделью IPO или, так называемыми, картами бизнес-процессов или процессными картами. Бизнес-процесс, по мнению Н.А. Багранова, М. Симкина, К. Нормана, – это «совокупность бизнес-операций по созданию ценности» [1, С.218]. Например, на рисунке 2 представлена общая, схематичная процессная карта продаж – основной деятельности организации по созданию ценности.

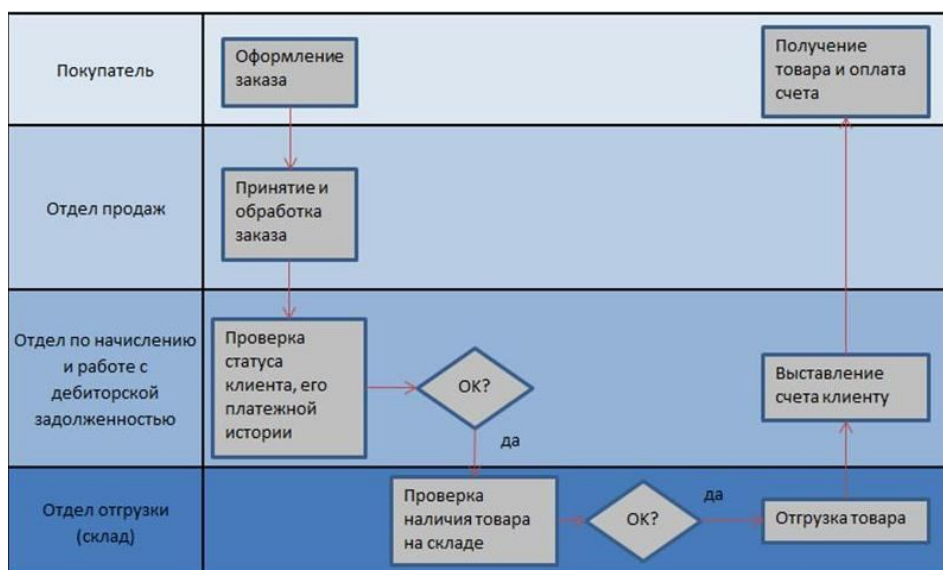


Рис. 2. Схематичная процессная карта бизнес-процесса продаж, на основе [1, С. 218]

В полноценной модели отображаются информационные потоки, все возможные варианты обработки и использования различных документов, ответственные лица за тот или иной элемент бизнес-процесса. Соответственно, каждое движение в рамках этой модели находит свое отображение в учетно-аналитической системе, в одной или нескольких подсистемах.

Стоит помнить, что учетно-аналитическая система, как часть информационной системы, реализована с использованием технического и программного обеспечения, которое также необходимо учесть в модели. Для этих целей используются логические (структура дата баз) и физические (совокупность технического и программного обеспечения) блок-схемы.

Таким образом, учетно-аналитическую систему можно представить при помощи модели IPO, каждый процесс которой детализируется при помощи процессных карт и физических блок-схем. В этой модели учтены организационные и технические аспекты информационных систем. Для того, чтобы понять каким образом меняется учетно-аналитическая система компаний при входе в стратегический альянс, необходимо понять каким образом меняются их бизнес-процессы.

### **Учетно-аналитические системы в стратегических альянсах**

Итак, учетно-аналитическая система создает информационную модель организации. До вступления в стратегические альянсы каждый из партнеров имеет свою собственную учетно-аналитическую систему, тогда изменения в этой системе возникают при изменении в непосредственных бизнес-процессах организации, в ее операционной, финансовой и инвестиционной деятельности. Каждое такое изменение находит свое отражение в подсистемах учетно-аналитической системы.

Стратегический альянс может привести к следующим возможным изменениям в деятельности организации:

- появление качественно новых бизнес-процессов;
- качественные изменения в уже имеющихся бизнес-процессах (например, сотрудничество с дилером изменяет бизнес-процесс продаж);
- количественные изменения в бизнес-процессах (расширение дилерской сети приводит к большему потоку материалов, финансов и информации, но сама структура этих потоков остается неизменной).

Данные нововведения могут привести к следующим изменениям в учетно-аналитической системе:

1) Добавление новых бизнес-процессов в общую IPO модель.

2) Организационные изменения в уже имеющиеся бизнес-процессы (появление новых должностей, новых должностных обязанностей, новых структурных единиц, новых операций над информацией и т.д.).

3) Изменение в логической или физической структуре учетно-аналитической модели (использование нового программного обеспечения для реализации уже имеющихся бизнес-процессов, изменения структуры баз информации и т.д.).

4) Комбинации вышеупомянутых изменений.

5) Партнеры оставляют свои учетно-аналитические системы без изменений, сотрудничество происходит без какого-либо изменения бизнес-процессов.

Не все формы стратегических альянсов одинаково влияют на учетно-аналитические системы партнеров. Существует множество классификаций альянсов, однако в данной работе предлагается использовать способ, предложенный С. Демирканом (2009 г.) – деление на контрактные альянсы и совместные предприятия. Очевидно, что базой для данной классификации является обмен прав собственности между партнерами.

Контрактные альянсы основаны на договоре, где достаточно детально описываются возможные формы сотрудничества, определяются сферы ответственности, распределяются риски и прибыль стратегического альянса. Совместные предприятия создаются чаще всего в наукоемких отраслях и являются более рискованной формой сотрудничества, однако гибкость и открытость такого альянса позволяет максимально эффективно обеспечить взаимодействие стержневых компетенций партнеров и привести к высокому синергетическому эффекту.

Создание совместного предприятия приведет к появлению новой учетно-аналитической системы, где будет определена собственная организационная и техническая структура (кто и как будет выполнять определенные бизнес-процессы) и должно быть описано взаимодействие с родительскими компаниями. Такой формат альянса может привести к наибольшим изменениям в учетно-аналитической системе компаний-партнеров.

Обмен опытом и «лучшими практиками» среди партнеров приводит к оптимизации их учетно-аналитических систем. Согласно С. Ян (2004г.), «информационные асимметрии имеют негативный эффект на успех стратегического альянса, в то время как асимметрия знаний, наоборот, лишь улучшает эффективность альянса» [11, С.18]

Рассмотрим в качестве примера сотрудничество компании производителя с дилером, оба функционировали до вступления в альянс и, соответственно, имеют свои уже действующие учетно-аналитические системы. Производитель до вступления в альянс имел свои точки сбыта продукта покупателю, дилер также занимается розничной продажей схожих типов продуктов. Данный тип альянса следует отнести к контрактным альянсам – все детали процесса продаж описаны в договоре, новое совместное предприятие при этом не создается. Таким образом, можно ожидать небольшие изменения в учетно-аналитических системах партнеров.

Со стороны производителя:

1. Качественно изменится процесс продаж – поиск и работа с клиентами, а также первоначальный учет продаж переходят в руки дилера. Материальные потоки также изменят свою форму, вместо множества розничных продаж будет несколько оптовых. Здесь наблюдается большой эффект экономии на транзакционных издержках, то есть на затратах на поиск покупателя, изучение рынка, проведения маркетинговых исследований и акций.

2. Процесс ценообразования прописывается договором – конечную розничную цену может определять как производитель, так и дилер.

3. Юридическая нагрузка (наличие необходимых для продажи разрешений и лицензий) ложится на плечи дилера, что упрощает информационную модель производителя и снижает его транзакционные издержки.

4. Так как нет необходимости содержать персонал по продажам, количественно изменится бизнес-процесс формирования и выплаты заработной платы. Изменения могут носить и качественный характер при полном отказе от собственной рабочей силы на сбытовых точках.

5. Появляется новый тип затрат – дилерские комиссии, процесс формирования и выплат которых описывается в договоре и также должен быть отражен в учетно-аналитической системе.

6. Выгода данного сотрудничества для производителя заключается в экономии на прямых и транзакционных расходах. Соответственно, необходимо разработать форму мониторинга эффективности данного стратегического альянса для производителя.

7. В договоре прописываются формы контроля производителем за условиями транспортировки, хранения его продуктов и рекламных кампаний.

Со стороны дилера изменения будут носить в основном количественный характер, так как основной операционный бизнес-процесс продаж не видоизменяется. Качественные изменения возможны при старте продаж продуктов, которые требуют определенных лицензий и разрешений, особых условий хранения и транспортировки и т.д.

Таким образом, создание контрактного альянса привело к существенным качественным и количественным изменениям в учетно-аналитической системе на стороне производителя и количественно расширило информационную модель дилера.

### **Заключение**

Стратегические альянсы являются одной из наиболее эффективных форм ответа на глобализационные процессы, общность усилий партнеров по достижению общих целей может привести к большим выгодам, однако необходимо помнить о важности эффективного обмена информацией между партнерами. Намеренные и обоснованные изменения в учетно-аналитических системах должны проходить с учетом всех изменений в бизнес-процессах.

### **Библиографический список**

1. Багранов, Н., Основные принципы бухгалтерской информационной системы, 11-е издание / Н. Багранов, М. Симкин, К. С. Норман. – Издательство JohnWiley&Sons, 2010, С. Пер. с англ. 533 с.
2. Ботнарюк, М. В. Формирование стратегических альянсов в условиях глобализации экономики: институциональный аспект // Российский внешнеэкономический вестник. – 2010. – №12. – С. 29 - 33.
3. Галева, В. Р., Авилова В. В. Роль стратегических альянсов в развитии нефтегазохимического комплекса региона в условиях глобализации / В. Р. Галева, В. В. Авилова // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – №23. – С. 141 - 144.
4. Гельвановский, М. И. Стратегические альянсы в глобальной конкуренции / М. И. Гельвановский, Т. А. Литвинова // Экономический журнал. – 2009. – №16. – С. 158 - 162.

5. Демиркан, С. Последствия стратегических альянсов для информационной среды: диссертация на степень PhD в менеджменте Университета Техаса в Далласе. – 2009. – С. 1-117. Пер. с англ.

6. Дуссодж Г., Гаррет Б. Корпоративная стратегия – успешно конкурируя с помощью стратегических альянсов / Издательство JohnWiley&Sons, 1999, 236с. Пер. с англ.

7. Знаменский, А. О. Стратегические альянсы как международные объединения корпораций / А. О. Знаменский // Российский внешнеэкономический вестник. – 2008. – №4. – С. 11 - 19.

8. Стради, Ю. Эволюция стратегических альянсов – значимость во времена когнитивного капитализма / Ю. Стради // Проблемы развития. Латиноамериканский журнал экономики. – 2004. – №35. – С. 185-198. Пер. с англ.

9. Хайдер, А. Стратегические альянсы в центральной и восточной Европе / А. Хайдер, Д. Абраха. – Издательство Elsevier Science, 2003, 277 с. Пер. с англ.

10. Хахонова, Н. Н. Теоретико-методологическое исследование категории «Учетно-аналитическая система» управления коммерческой организации / Н. Н. Хахонова // Фундаментальные исследования. – 2012. – №9 - 1. – С. 231 - 234.

11. Ян, С. Асимметрии знаний и информации в стратегических альянсах / С. Ян // Журнал управления знаниями. – 2004. – №8. – С. 17 – 20. Пер. с англ.

#### CHANGES IN ACCOUNTING AND ANALYTIC SYSTEMS OF COMPANIES AT ENTERING INTO STRATEGIC ALLIANCE

A. Vilms

**Abstract.** The article dwells on the concept “strategic alliance”, revealing common aspects of its functioning. The paper presents the detailed explanation of the concept “accounting and analytic system”, its structure and content. There is described a specificity of accounting and analytic system’s work in strategic alliances and changes in business-processes which must be considered in this system. On the basis of conducted research an example of vertical distributive strategic alliance is analyzed and main changes in accounting and analytic systems of producer and dealer are revealed.

**Keywords:** strategic alliance, accounting and analytic system, business-process, contract alliance, joint enterprise

#### References

1. Bagranov N. *Osnovnye principy buhgalterskoj informacionnoj sistemy* [Main principles of accounting information system]. 11<sup>th</sup> edition, JohnWiley&Sons publishing house. 533p.

2. Botnaruk M. V. Formirovanie strategicheskikh al'jansov v uslovijah globalizacii jekonomiki: institucional'nyj aspekt [Formation of strategic

alliances in conditions of economics' globalization: institutional aspect]. *Rossijskij vneshnejekonomicheskij vestnik*, 2010, 12, pp. 29 - 33.

3. Galeeva V. R., Avilova V. V. Rol' strategicheskikh al'jansov v razvitii neftegazohimicheskogo kompleksa regiona v uslovijah globalizacii [Role of strategic alliances in development of a petrochemical complex of the region in conditions of globalization]. *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta*, 2012, no 23, pp. 141 -144.

4. Gelvanovsky M. I., Litvinova T.A. strategicheskie al'jansy v global'noj konkurencii [Strategic alliances in globalized competition]. *Jekonomicheskij zhurnal*, 2009, no 16, pp. 158 - 162.

5. Demirkan S. Posledstvija strategicheskikh al'jansov dlja informacionnoj sredy: dissertacija na stepen' PhD v menedzhmente Universiteta Tehasa v Dallase. [Consequences of strategic alliances for the information environment: the thesis on PhD degree in management of University of Texas in Dallas]. 2009, pp. 1 - 117.

6. Dussodzh G., Garret B. *Korporativnaja strategija – uspešno konkuriruju s pomoshh'ju strategicheskikh al'jansov* [Corporate strategy – successfully competing by means of strategic alliances]. Izdatel'stvo JohnWiley&Sons, 1999, 236 p.

7. Znamensky A. O. Strategicheskie al'jansy kak mezhdunarodnye obedinenija korporacii. [Strategic alliances as international associations of corporations]. *Rossijskij vneshnejekonomicheskij vestnik*, 2008, no 4, pp. 11 - 19.

8. Stradi U. Jevoljucija strategicheskikh al'jansov – znachimost' vo vremena kogitivnogo kapitalizma [Evolution of strategic alliances]. *Problemy razvitija. Latinoamerikanskij zhurnal jekonomiki*, 2004, no 35, pp. 185 - 198.

9. Haider A., Abrakh D. Strategic alliances in the central and Eastern Europe. *Elsevier Science Publishing house*, 2003, 277 p.

10. Hahonova N. N. Teoretiko-metodologicheskoe issledovanie kategorii Uchetno-analiticheskaja sistema» upravlenija kommercheskoj organizacii [Theoretical and methodological research of the category “Accounting and analytic system” of commercial organization management]. *Fundamental'nye issledovanija*, 2012, no 9-1, pp. 231 - 234.

11. Yan C. Asimmetrii znanij i informacii v strategicheskikh al'jansah [Asymmetries of knowledges and information in strategic alliances]. *Journal of Knowledge Management*, 2004, no 8, pp. 17 - 30.

*Вильмс Антон Эдуардович (Россия, г. Омск) аспирант кафедры «Финансы, кредит, бухгалтерский учет и аудит» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС) (644046, Россия, г. Омск, пр. Маркса, 35, e - mail: aevilms@gmail.com)*

*Vilms A. (Russian Federation, Omsk) – the graduate student of "Finance, Credit, Accounting and Audit" chair of Omsk state university of means of communication (OmGYPS) (644046, Omsk, Marksa, 35, e - mail: aevilms@gmail.com)*

УДК 338.054.23

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ УЩЕРБОВ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В. В. Карпов, И. В. Вдовин

Омский филиал ФГБОУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Россия, г. Омск

**Аннотация.** В статье представлен подход к оценке экономического ущерба от перерывов электроснабжения коммерческих потребителей, включающий методику расчета показателей надежности системы электроснабжения производственных объектов. Рассмотрены основные характеристики категории экономического ущерба с учетом надежности электроснабжения. Отмечена целесообразность применения количественных оценок ущерба для обоснования тарифов на электроэнергию.

**Ключевые слова:** экономический ущерб, надежность, система электроснабжения, коммерческие потребители, тарифы на электроэнергию.

### Введение

Современное производство товаров и услуг тесно связано с применением сложных технологий и наукоемкого оборудования, которые крайне чувствительны к перерывам электроснабжения, способным причинить компании существенный экономический ущерб, а также снизить ее рыночную конкурентоспособность. В этой связи, актуальная для каждого коммерческого потребителя проблема обеспечения необходимого уровня надежности питания электрической энергией, прежде всего, потребителей производственного назначения (установок, участков, цехов и пр.), тесно сопряжена с поиском методик оценки, прогнозирования и предупреждения негативных экономических последствий, возникающих в результате перерывов в поставке электроэнергии.

### Определение ущерба на основе оценки показателей надежности системы электроснабжения

Перерывы электроснабжения напрямую связаны с показателями схемной надежности и надежности оборудования систем электроснабжения (СЭС). Последствия нарушений электроснабжения в общем случае имеют место как в СЭС, так и в производственном процессе коммерческих потребителей. Поэтому оценка ущерба от нарушения электроснабжения основывается на анализе, в том числе, структурной технологической схемы, отражающей функциональные связи между участками рассматриваемого производства (технологическими участками, цехами, агрегатами).

В целом понятие надежность определяется, как свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования [1].

Исследованию надежности технических систем посвящено достаточно много научных работ, среди которых можно выделить труды ряда авторов, посвященные надежности систем электроснабжения потребителей: Г. А. Волкова, Ю. Б. Гука, В. Г. Китушина, Н. И. Воропая, Е. М. Червонного и др. [2, 3, 4, 5, 6]. Указанные авторы сходятся во мнении, что надежность представляет собой комплексное свойство объекта, которое может включать ряд единичных свойств: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, устойчивоспособность, сохраняемость, режимная управляемость, живучесть и безопасность. Кроме того надежность [2]:

- внутреннее свойство объекта, заложенное при его проектировании и изготовлении, которое проявляется во время функционирования объекта;

- оценивается при выполнении заданного объема функций либо во времени (когда нет наблюдения за работой объекта, нельзя сделать вывод о его фактической надежности);

- проявляется в зависимости от условий эксплуатации объекта.

Для СЭС коммерческих потребителей рекомендуется в первую очередь производить оценку безотказности и ремонтпригодности, которые определяют



количество перерывов электроснабжения и экономические последствия этих перерывов.

В теории и на практике отрицательные экономические последствия, связанные с перерывами электроснабжения, характеризуются категорией ущерба, которая имеет сложную структуру и часто трактуется исследователями с различных позиций.

Так, по мнению Ю. Н. Руденко ущерб представляет собой стоимостной показатель снижения дохода от надежности объекта энергетики [7].

С точки зрения Ф. И. Синьчугова экономический ущерб от надежности систем электроснабжения должен определяться последствиями нарушения электроснабжения потребителей, проявляющимися в снижении благосостояния общества в основном в виде снижения дохода [8].

Е. М. Червонный определяет ущерб как случайную величину, не зависящую от выбранной схемы электроснабжения, и оценивает его интервально. По его мнению, при одних и тех же параметрах возмущений в системах электроснабжения ущерб может изменяться в широких пределах случайным образом [6] и т.д.

По мнению С. Е. Герасимова и С. Ю. Чекмарева на величину ущерба потребителя влияют следующие параметры [9]:

- продолжительность отключения;
- степень внезапности перерыва в электроснабжении;
- глубина ограничения нагрузки;
- момент возникновения отключения.

Следовательно, надежность электроснабжения – это вероятностный показатель, определяемый комплексом свойств системы электроснабжения.

Несмотря на множественность взглядов, определяющих сущность и характеристики ущерба от перерывов электроснабжения, в общем случае в его состав входят следующие составляющие затрат:

1) прямой ущерб (потери ресурсов при отказах и затраты на ликвидацию чрезвычайных ситуаций);

2) упущенная выгода (недополучение прибыли, связанное с неиспользованием основных и оборотных фондов).

В качестве основных причин нарушения энергоснабжения, несмотря на отраслевое и технологическое разнообразие коммерческих потребителей, следует выделить:

- внезапные перерывы электроснабжения: полные и частичные;
- плановые ограничения электропотребления (с предупреждением).

В зависимости от последствий нарушения электроснабжения выделяются следующие основные составляющие ущерба от внезапного полного перерыва электроснабжения для потребителя  $Y_{\Sigma}^n$ :

-  $Y_o$  – единовременный ущерб, связанный с самим фактом перерыва электроснабжения (от неустраняемого брака продукции и потерь сырья, отказов или сокращения сроков службы оборудования);

-  $Y_{\Sigma}$  – ущерб, связанный с длительностью перерыва электроснабжения, (от низкоэффективных режимов эксплуатации, вызванными не производственными расходами энергетических ресурсов, заработной платы, условно постоянных и других составляющих затрат);

-  $Y_{np}$  – от недополучения предприятием прибыли вследствие снижения качества или недоставки продукции;

-  $Y_{\Sigma k}$  – экологический ущерб (дополнительные затраты на восстановление основных фондов от коррозии, убытки в сельском, водном и лесном хозяйстве, жилищно-бытовом секторе, увеличение текучести кадров, невыходов на работу, ущерб здравоохранению).

В условиях недостатка информации ущерб от внезапного частичного перерыва электроснабжения  $Y_{\Sigma}^n$  для потребителя в соответствии с [10] допускается устанавливать равным  $\frac{1}{2}$  ущерба от полного перерыва электроснабжения.

Поскольку о плановых отключениях электроэнергии потребитель предупреждается гарантирующим поставщиком (электросетевой организацией) заранее, что позволяет ему организовать технологический процесс в этот период с минимальными рисками для производства, а также учитывая включение данного условия в типовой договор электроснабжения (поставки и передачи электроэнергии), следует выделить следующие основные составляющие среднегодового ущерба от плановых полных перерывов электроснабжения для потребителя  $Y_{CF план}$ :

-  $Y_{np}$  – от недополучения предприятием прибыли вследствие снижения качества или недоставки продукции.

Для оценки последствий нарушений электроснабжения предлагается использовать среднегодовой ожидаемый ущерб коммерческих потребителей  $Y_{CF}$  (руб \ год) [11] по следующей формуле:

$$Y_{CF} = \omega_n Y_{\Sigma}^n + \omega_n Y_{\Sigma}^n, \quad (1)$$

где  $\omega_n$  и  $\omega_n$  - средние значения потока отказов, характерных для полных и частичных отказов соответственно;

$Y_{\Sigma}^n$  и  $Y_{\Sigma}^n$  - ущербы от полного и частичного прекращения электроснабжения потребителей, подключенных к электрическим подстанциям, определяемые в зависимости от среднего времени восстановления электроснабжения при полных и частичных отключениях.

В соответствии с вышесказанным, зависимость ущерба от числа и длительности перерывов электроснабжения обуславливает необходимость оценки показателей надежности СЭС. Расчет надежности схемы электрических соединений коммерческих потребителей является неотъемлемой частью общего анализа надежности электроснабжения. Он производится с целью получения объективных количественных показателей надежности СЭС, что в дальнейшем позволяет определить величину среднегодовой ожидаемого ущерба при перерывах электроснабжения.

При проектировании систем электроснабжения рассчитанные показатели надежности необходимы для сопоставления их с установленными нормативами надежности или для использования в качестве исходных данных для последующих технико-экономических расчетов оптимальности предлагаемых вариантов систем.

На действующих производствах уровень надежности СЭС необходимо знать для проведения организационно-технических мероприятий по рациональной эксплуатации системы (проведение планово-предупредительных ремонтов, рациональное использование резервных элементов СЭС и т. п.), сравнения вариантов реконструкции СЭС и т. п.

Основными показателями надежности элементов системы электроснабжения, используемыми при расчете, являются: средний параметр потока отказов элемента  $\omega_a$  (1/год), средняя частота отключений элемента для профилактического ремонта  $\omega_p$  (1/год), среднее время восстановления отказавшего элемента –  $T$  (год) и средняя продолжительность нахождения элемента в профилактическом ремонте –  $\tau_p$  (год) [10]. Для устройств автоматического включения резерва (АВР) основными показателями надежности являются условная вероятность отказа при необходимости срабатывания –  $q$

и условная вероятность развития отказа при действии устройств АВР –  $p$ .

Итогом расчета надежности является определение ожидаемых значений частоты и длительности перерывов в электроснабжении технологических установок (цехов) предприятия, которые принимаются соответственно равными среднему параметру потока отказов  $\omega$  и среднему времени восстановления электроснабжения  $T$  секций шин подстанций или распределительных устройств (РУ), питающих эти установки (цехи) [2].

Расчет показателей надежности электроснабжения потребителей включает в себя ряд последовательно выполняемых этапов (рисунок 1).

На первом этапе осуществляется сбор исходной информации для расчета надежности, включающей схему электроснабжения и показатели надежности составляющих ее элементов, определенные в соответствии с нижеследующими требованиями.

Показатели надежности источников питания предприятия (секций шин электростанций и районных подстанций) должны задаваться энергосистемой. При их отсутствии средний параметр потока отказов системы принимается равным нулю, то есть источники питания считаются абсолютно надежными.

При расчетах надежности, выполняемых для действующих предприятий, рекомендуется использовать показатели надежности, определяемые путем сбора и обработки информации об отказах в СЭС данного предприятия. Для предприятий, у которых такая информация отсутствует или собрана за небольшой период наблюдения (менее 5 лет), а также для проектируемых предприятий возможно использование усредненных показателей надежности.

Для обеспечения большей достоверности результатов расчета надежности рекомендуется отдавать предпочтение показателям надежности элементов СЭС в следующем порядке:

- показатели, определенные непосредственно для предприятия;
- показатели, определенные по группе предприятий отрасли;
- показатели, определенные по результатам эксплуатации энергетических объектов территориальной зоны, в которой расположено рассматриваемое предприятие;
- усредненные общероссийские показатели.

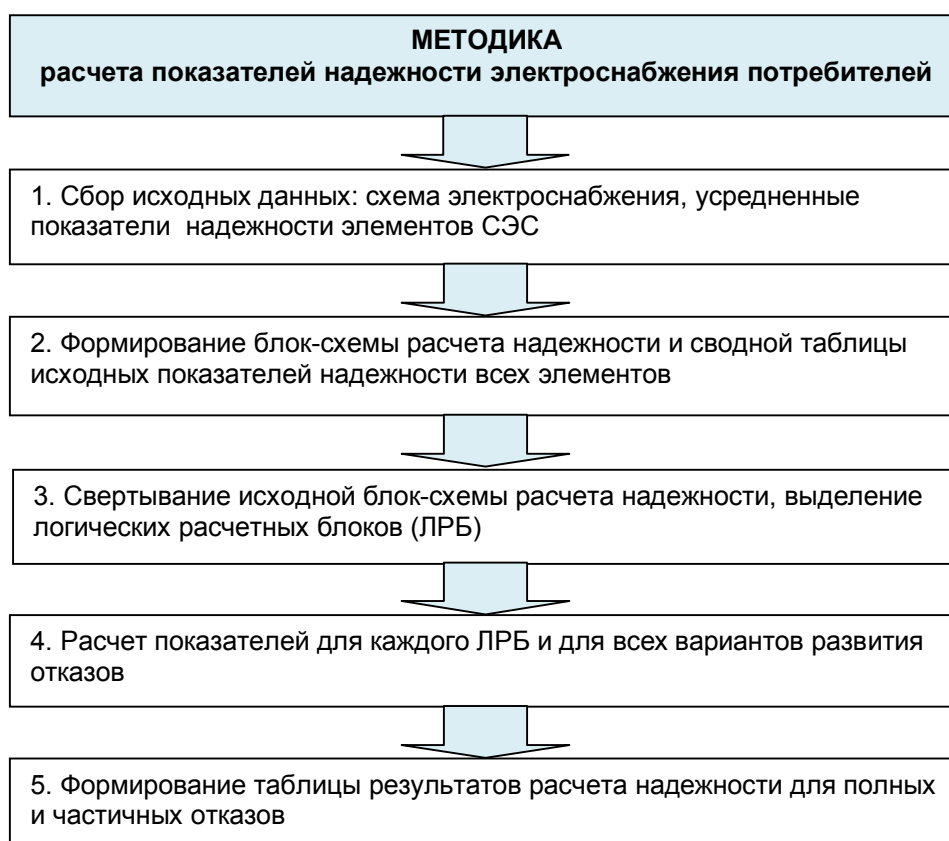


Рис. 1. Методика расчета показателей надежности электроснабжения потребителей

На втором этапе осуществляется формирование блок-схемы расчета надежности и сводной таблицы исходных показателей надежности всех элементов.

На основе исходной схемы электроснабжения составляется блок-схема расчета надежности, на которой каждому элементу СЭС, начиная с источников питания, присваивается порядковый номер (рисунок 2). На блок-схеме последовательно соединенными изображаются элементы, отказ которых приводит к исчезновению напряжения на шинах. В частности, при магистральных схемах электроснабжения без селективной защиты по участкам в блок-схему вводятся все элементы магистрали (в том числе находящиеся за рассчитываемой подстанцией), отказ которых вызывает срабатывание головного выключателя. В этом случае время восстановления определяется с учетом возможности

неавтоматического отключения отказавшего участка. Кроме того, на блок-схеме должно быть указано число присоединений  $m$  отходящих от секций шин, что необходимо для учета возможности развития отказов в системе.

При расчете надежности рекомендуется рассматривать укрупненные элементы СЭС, в частности:

- ячейки высоковольтных выключателей, в состав которых входят собственно выключатель, разъединители, втычные контакты и устройства релейной защиты (РЗ), действующие на этот выключатель;

- устройства АВР, включая собственно управляющие органы и исполнительный коммутационный аппарат – высоковольтный выключатель или автомат;

- трансформаторы, линии электропередачи и т. п.

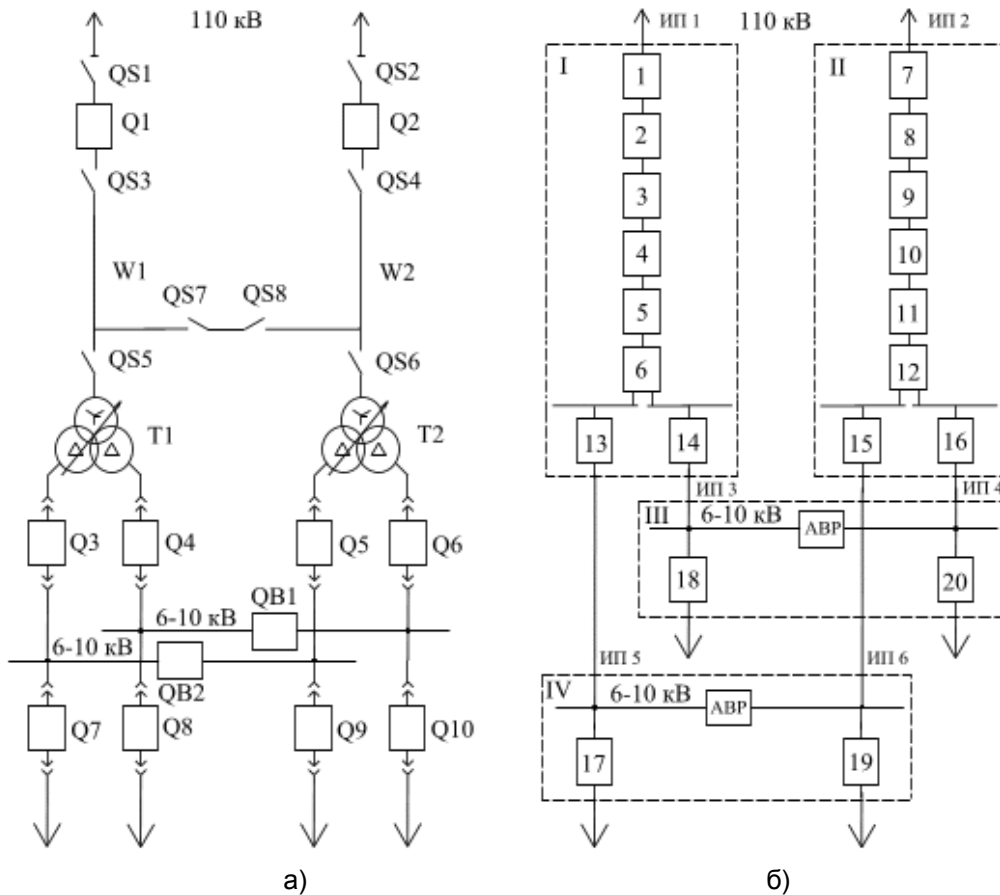


Рис. 2. а) Однолинейная схема электрических соединений ГПП с двумя трансформаторами; б) – Блок-схема расчета надежности.

Составляется сводная таблица исходных показателей надежности всех элементов блок-схемы. Каждый элемент должен быть

охарактеризован четырьмя показателями ( $\omega_a$  (1/год),  $\omega_p$  (1/год),  $T$  (год) и  $\tau_p$  (год)) в форме шаблона (см. таблица 1).

Таблица 1 - Показатели надежности элементов СЭС

№ элемента на расчетной схеме	Элементы	$\omega_a$ , (1/год)	$T \times 10^{-3}$ , (год)	$\omega_p$ , (1/год)	$\tau_p \times 10^{-3}$ , (год)
1	2	3	4	5	6

При заполнении таблицы 1 необходимо обращать внимание на уровень напряжения как на низкой, так и на высокой стороне.

На третьем этапе производится свертывание исходной блок-схемы расчета надежности и выделение логических расчетных блоков (ЛРБ).

Производится свертывание исходной блок-схемы путем объединения  $n$  последовательно соединенных элементов. Обобщенным элементам присваивается новый номер и для них определяются сводные показатели – суммарный средний параметр потока отказов  $\omega_{\Sigma a}$  и суммарное среднее время восстановления  $T_{\Sigma}$ :

$$\omega_{\Sigma a} = \sum_{i=1}^n \omega_{ia}, \quad (2)$$

$$T_{\Sigma} = \frac{1}{\omega_{\Sigma a}} \sum_{i=1}^n \omega_{ia} T_i. \quad (3)$$

Показатели, характеризующие профилактические ремонты и обслуживания обобщенного элемента, допускается определять по упрощенному методу, исходя из предположения, что возможности совмещения ремонтов отдельных элементов цепи реализованы не полностью. При этом все элементы подразделяются на  $k$  условных элементируемых групп, составленных из элементов с одинаковой периодичностью

ремонт ( $\omega_{реpj} = \omega_{pi}$ ). Для каждой  $j$ -й группы время ремонта определяется наиболее длительно ремонтируемым элементом ( $\tau_{реpj} = \tau_{pi \max}$ ). При определении средних значений частоты  $\omega_{\Sigma p}$  и длительности  $\tau_{\Sigma p}$  ремонта обобщенного элемента подразумевается совмещение ремонта элементов, входящих в одну ремонтируемую группу, но отсутствие такого совмещения для элементов различных групп:

$$\omega_{\Sigma p} = \sum_{j=1}^k \omega_{реpj}, \quad (4)$$

$$T_{\Sigma p} = \frac{1}{\omega_{\Sigma p}} \sum_{j=1}^k \omega_{реpj} \tau_{реpj}. \quad (5)$$

При необходимости могут быть оценены также вероятность безотказной работы в течение года  $P_0$  и средний коэффициент простоя  $K_{П}$ :

$$P_0 = e^{-\omega}, \quad (6)$$

$$K_{П} = \omega T. \quad (7)$$

Выделение ЛРБ производится для уменьшения состава переменных и упрощения расчетов.

При выполнении четвертого этапа, а именно проведения расчета показателей для каждого ЛРБ и для всех вариантов развития отказов, необходимо определять показатели надежности подстанций и РУ предприятия для следующих случаев развития отказов:

- показатели, характеризующие только полные отказы;
- показатели, характеризующие только частичные отказы при сохранении электроснабжения остальных секций (индивидуальные – для одной конкретной секции ТП или РУ, смешанные – для одной, но любой, секции);
- интегральные показатели (для отдельных секций – независимо от

работоспособности других, для всей ТП или РУ – без различия, является ли отказ полным или частичным).

Указанный перечень является необходимым и достаточным для исчерпывающего анализа влияния отказов СЭС на работу технологической системы любого предприятия.

При этом предлагаемая методика расчета показателей надежности, позволяет учитывать следующие факторы и ситуации, определяющие окончательный результат:

- внезапные отказы основных элементов СЭС;
- возможность проведения профилактического обслуживания и ремонта электрооборудования в резервированных системах без останова основного технологического процесса;
- наличие устройств АВР и возможность их отказа;
- возможность развития отказов в системе электроснабжения.

Перерывы электроснабжения на время, определяемое успешным срабатыванием устройств АВР, считать отказом СЭС следует лишь при отсутствии устройств самозапуска ответственных механизмов, определяющих устойчивость технологического процесса.

В случаях, когда время срабатывания АВР меньше допустимого времени перерыва электроснабжения и имеются устройства самозапуска ответственных механизмов, кратковременное (на время действия - АВР) отключение секции отказом считать не следует.

Завершающим пятым этапом методики является формирование таблицы результатов расчета надежности для полных и частичных отказов.

Шаблон таблицы результатов представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели надежности для схемы

Разновидности нарушения электроснабжения	Числовой показатель надежности			
	$\omega_i$ , (1/год)	$T_i$ , (час)	$P_{0i}$	$K_{Пi}$
1	2	3	4	5

Величины полных и частичных отказов принимаются равными максимально возможным вероятностным значениям среднего параметра потока отказов и времени восстановления электроснабжения для рассматриваемой в расчете схемы.

Для повышения надежности систем электроснабжения рекомендуется использовать следующие основные пути: резервирование, уменьшение среднего параметра потока отказов, сокращение времени восстановления.

### Заключение

Вышеизложенный подход к оценке экономического ущерба от перерывов электроснабжения коммерческих потребителей, включающий методику расчета показателей надежности СЭС, характеризуется известной степенью гибкости и универсальности. Он в полной мере позволяет учесть технологические особенности СЭС предприятия, структуру его производственного комплекса, а также различные виды затрат, входящие в состав совокупного ущерба от нарушения электроснабжения.

Полученные с использованием представленной методики расчета надежности СЭС показатели размера ожидаемого среднегодового ущерба от нарушений электроснабжения могут быть использованы для обоснования тарифов на электроэнергию, для определения приемлемого уровня инвестиционных затрат с целью обеспечения допустимого уровня надежности электропотребления, обоснования страховых тарифов.

### Библиографический список

1. Коммерческая электроэнергетика. Словарь-справочник / Авт. - сост. В. В. Красник. – М.: НЦ ЭНАС, 2006. – 67 с.
2. Волков, Н. Г. Надежность электроснабжения: учеб. пособие / Н. Г. Волков. – Томск: Том. политех. ун-т, 2003. – 140 с.
3. Гук, Ю. Б. Основы надежности электроэнергетических установок / Ю. Б. Гук. – Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1976. – 192 с.
4. Китушин, В. Г. Надежность энергетических систем : учеб. пособие для электроэнергет. спец. вузов / В. Г. Китушин. – М.: Высшая школа, 1984. – 256 с.
5. Надежность систем энергетики: достижения, проблемы, перспективы. Г.Ф.Ковалев [и др.]; под ред. Н. И. Воропая. – Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1999. – 434 с.
6. Червонный, Е. М. Статистическая оценка показателей надежности электрооборудования в системах электроснабжения / Е. М. Червонный // Электричество. – 1975. – №6. - С. 17-21.
7. Надежность систем энергетики и их оборудования: справочник в 4-х т. / Ю. Н. Руденко. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 480 с.
8. Синьчугов, Ф. И. Расчет надежности энергетических систем при проектировании и режимов их работы в условиях эксплуатации / Ф. И. Синьчугов // Проблема обеспечения надежности работы энергосистем. Материалы конференции. Сборник научных трудов НИИГПТ. – 1981. – С. 16-20.
9. Герасимов, С. Е. Надежность и оценка ущерба от перерывов электроснабжения / С. Е. Герасимов, С. Ю. Чекмарев // Электроэнергетика. – 2008. – №2. – С. 16 - 17.

10. Карпов, В. В. Инженерный метод оценки надежности СЭС с использованием базовой логической расчетной схемы / В. В. Карпов, Ю. П. Кремнев // Надежность и экономичность электроснабжения нефтехимических заводов: межвузовский тематический сборник научных трудов. – Омск: Омский политехн. ин-т, 1984. – С. 22 - 27.

11. Проектирование систем электроснабжения промышленных объектов: учеб. пособие / В. Л. Вязигин [и др.]; под общ. ред. В. К. Грунина. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2004. – 84 с.

### ASSESSMENT OF ECONOMIC DETRIMENT OF COMMERCIAL CUSTOMERS TAKING INTO ACCOUNT THE RELIABILITY OF ELECTRICITY SUPPLY

V. V. Karpov, I. V. Vdovin

**Abstract.** The article presents an approach to assessing the economic detriment caused by interruption of electricity supply of commercial customers, including the methodology for calculating the parameters of reliability of electricity supply system of industrial facilities. The paper studies main characteristics of an economic detriment's category, taking into account the reliability of electricity supply. It is noted the expediency of applying quantitative assessments of detriment for reasoning electricity tariffs.

**Keywords:** economic detriment, reliability, electricity supply system, commercial customers, electricity tariffs.

### References

1. *Commercial electricity. Dictionary* .ed. V. V. Krasnik. Moscow, NC ENAS, 2006, 67 p.
2. Volkov N. G. *Nadezhnost' jelektronsabzhenija* [Reliability of power supply]. Tomsk, 2003, 140 p.
3. Guk J. B. *Osnovy nadezhnosti jelektronergeticheskikh ustanovok* [Fundamentals of reliability of electrical power plants]. Leningrad, 1976, 192 p.
4. Kitushin V. G. *Nadezhnost' jenergeticheskikh sistem* [Reliability of power systems]. Moscow, 1984, 256 p.
5. *Reliability of Power Systems: Achievements, Problems and Prospects*. ed. G. F. Kovalev N. I .Voropaya. Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe predpriyatje RAN, 1999, 434 p.
6. Chervonnyi E. M. Statisticheskaja ocenka pokazatelej nadezhnosti jelektrorobudovaniya v sistemah jelektronsabzhenija [Statistical assessment of reliability indices of electrical equipment in power systems]. *Jelektrichestvo*, 1975, no 6, pp. 17 - 21.
7. Reliability of Power Systems and Equipment: a guide to the 4-th. vol. J. N. Rudenko. Moscow, Energoatomizdat, 1994, 480 p.
8. Sinchugov F. I. Raschet nadezhnosti jenergeticheskikh sistem pri proektirovanii i rezhimov ih raboty v uslovijah jekspluatcii [Calculation of reliability of energy systems at engineering and their work regimes under operating conditions] *Problema*

*obespechenija nadezhnosti raboty jenergosistem. Materialy konferencii. Sbornik nauchnyh trudov NIIPТ, 1981, pp. 16 - 20.*

9. Gerasimov, S. E., Chekmaryov, S. Y. Nadezhnost' i ocenka ushherbov ot pereryvov jelektrosnabzhenija [Reliability and assessment of detriments caused by interruptions of power supply]. *Jelektrojenergetika*, 2008, no 2, pp. 16 - 17.

10. Karpov V. V. Kremnev J. P. Inzhenernyj metod ocenki nadezhnosti SJeS s ispol'zovaniem bazovoj logicheskoj raschetnoj shemy [Engineering method for assessing the reliability of power supply systems using basic logical design circuit]. *Nadezhnost' i jekonomichnost' jelektrosnabzhenija neftehimicheskikh zavodov: mezhvuz.temat.sb.nauch.tr.* Omsk, Omskij politehn. in-t, 1984, pp. 22 - 27.

11. Engineering of power supply systems of industrial facilities. edu. allowance. V. L. Vyazigin; under the total. ed. V.K. Grunina. Omsk: Publ OmGTU, 2004, 84 p.

*Карпов Валерий Васильевич (Россия, г. Омск) - доктор экономических наук, профессор Омского филиала ФГБОУ ВПО «Финансовый университет*

*при Правительстве Российской Федерации». (644001, Россия, г. Омск, ул. Масленникова, д.43 e-mail: VVKarpov@fa.ru).*

*Вдовин Иван Владимирович (Россия, г. Омск) - соискатель кафедры «Экономика, менеджмент и маркетинг» Омского филиала ФГБОУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации». (644001, Россия, г. Омск, ул. Масленникова, д.43, e-mail: IVdovin@bk.ru).*

*Karpov V. V. (Russian Federation, Omsk) - doctor of economic sciences, professor, director of the branch Omsk Branch FGBOU VPO "Financial University under the Government of the Russian Federation". (644001, Omsk, Maslennikova, 43, e-mail: VVKarpov@fa.ru)*

*Vdovin I. V. (Russian Federation, Omsk) - researcher of the department "Economics, management and marketing "Omsk Branch FGBOU VPO "Financial University under the Government of the Russian Federation". (644001, Omsk, Maslennikova, 43, e-mail: IVdovin@bk.ru)*

УДК 336.6

### НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ УЧАСТНИКОВ КОММЕРЧЕСКИХ ТЕНДЕРОВ И ГОСЗАКУПОК

О.Ю. Патласов<sup>1</sup>, А.М. Самарин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НОУ ВПО Омская гуманитарная академия

<sup>2</sup>НОУ ВПО Сибирский институт бизнеса и информационных технологий

**Аннотация.** В статье отражены основные изменения в законодательстве о закупках для государственных и муниципальных нужд. Проанализированы методики оценки финансового состояния участников тендеров. Построено уравнение линейной регрессии на основе данных методик. Построена нейросетевая модель по данным тендерам с различными вариантами функций активации. Сделан вывод о целесообразности использования предложенных коэффициентов при оценке финансового состояния компании – участника тендера.

**Ключевые слова:** тендер, закупки, нейрон, нейронная сеть, нейросетевое моделирование, методика, оценка, коэффициент.

#### Введение

Участие в государственных закупках и коммерческих тендерах становится распространенной отечественной практикой. Коммерческие тендеры регулируются нормами Гражданского кодекса РФ и регламентами, установленными самими компаниями-заказчиками. Статья 448 ГК РФ определяет, торги проводятся через открытые и закрытые аукционы и конкурсы. В открытом аукционе и открытом конкурсе может участвовать любое лицо, в закрыты - участвуют только лица, специально приглашенные для этой цели. Организатор обязан известить общественность о торгах не менее чем за 30 дней до их проведения. В четвертой главе 135-ФЗ «О защите конкуренции» предусмотрены

антимонопольные требования к торгам и особенности отбора финансовых организаций. Систематизацию и унификацию процедур частных тендерных торгов осуществила РАО «ЕЭС России». Компания применила для проведения коммерческих тендеров базовые принципы и стандарты, предусмотренные для государственных торгов и прописанные в 94-ФЗ. Набор конкурсных процедур был расширен: открытый конкурс, открытый конкурс с предварительным отбором, закрытый конкурс, двухэтапный конкурс, многоэтапный конкурс, конкурсы (открытые, закрытые) с переторжкой, ценовой конкурс, запрос цен, запрос предложений, конкурентные переговоры, закупку у единственного источника.

Актуальность исследования состоит в том, что его результаты будут иметь практическую ценность для компаний – организаторов тендеров. Организации будет достаточно иметь данные финансовой отчетности компаний – участников, для того, чтобы сформировать short-лист участников тендеров и госзакупок. С 1 января 2014 года произошли изменения в области организации и проведения тендеров.

Во-первых, вступил в силу Федеральный закон №44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд». Цель контрактной системы – внедрение единого прозрачного цикла формирования, размещения госзаказа и исполнения государственных контрактов. Основные положения данного закона следующие: введено нормирование, то есть установление определенных требований к закупаемым товарам, в том числе их предельной цены; предусмотрено обязательное общественное обсуждение закупок на сумму более 1 млрд. руб.; вводится общественный контроль за закупками; электронные площадки теперь должны возвращать участникам аукционов не только внесенное ими обеспечение, но и полученный с него доход [9].

Во-вторых, внесены поправки в отдельные законодательные акты, направленные на унификацию используемой терминологии. Сюда же можно отнести формирование единой системы в сфере закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд [9].

В-третьих, вступило в силу Постановление Правительства РФ №1085 «Об утверждении Правил оценки заявок, окончательных предложений участников закупки товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд». Для оценки заявок введена 100-балльная шкала. Итоговый рейтинг заявки рассчитывается как сумма рейтингов по каждому установленному критерию.

Также установлен новый порядок определения в контракте размера штрафа за

ненадлежащее исполнение поставщиком обязательств, а также пени, начисляемой за каждый день просрочки исполнения [9]. Тендеры помогают найти рациональные решения для развития бизнеса компании. Победителем тендера будет признана та организация, которая сделала наиболее выгодное предложение для организатора тендера.

### **Применение инструментов нейр сетевого моделирования при выборе победителя тендера**

Основным фактором в понятии тендер естественно является конкурс. Конкурсная основа проведения тендера представляет собой сопоставление и выбор наилучшего предложения, особенно в ситуациях, когда сразу это сделать весьма затруднительно. Наиболее распространенная процедура проведения тендера приведена на рисунке 1. Поскольку информация не обладает пространственным параметром, она способна накапливаться, и, будучи общей по своей природе, она не имеет персонифицированной принадлежности [6]. Важным шагом в выборе победителя тендера является оценка финансового состояния организаций – участников. На первом этапе производится оценка качественных показателей деятельности [7]. Оценка финансового положения осуществляется путем расчета нескольких заданных организатором коэффициентов. Рассмотрим методики оценки финансового положения компаний – участников тендеров.

Авторами был произведен анализ 25 тендеров, объявленных различными российскими компаниями в период с 2011 по 2013 годы. Результаты исследования показали, что существует 6 коэффициентов, которые наиболее часто встречаются в методиках оценки финансового состояния участников процедуры тендера: коэффициент автономии; коэффициент обеспеченности собственными средствами; коэффициент текущей ликвидности; коэффициент покрытия процентов; рентабельность продаж; коэффициент соизмеримости (таблица 1).



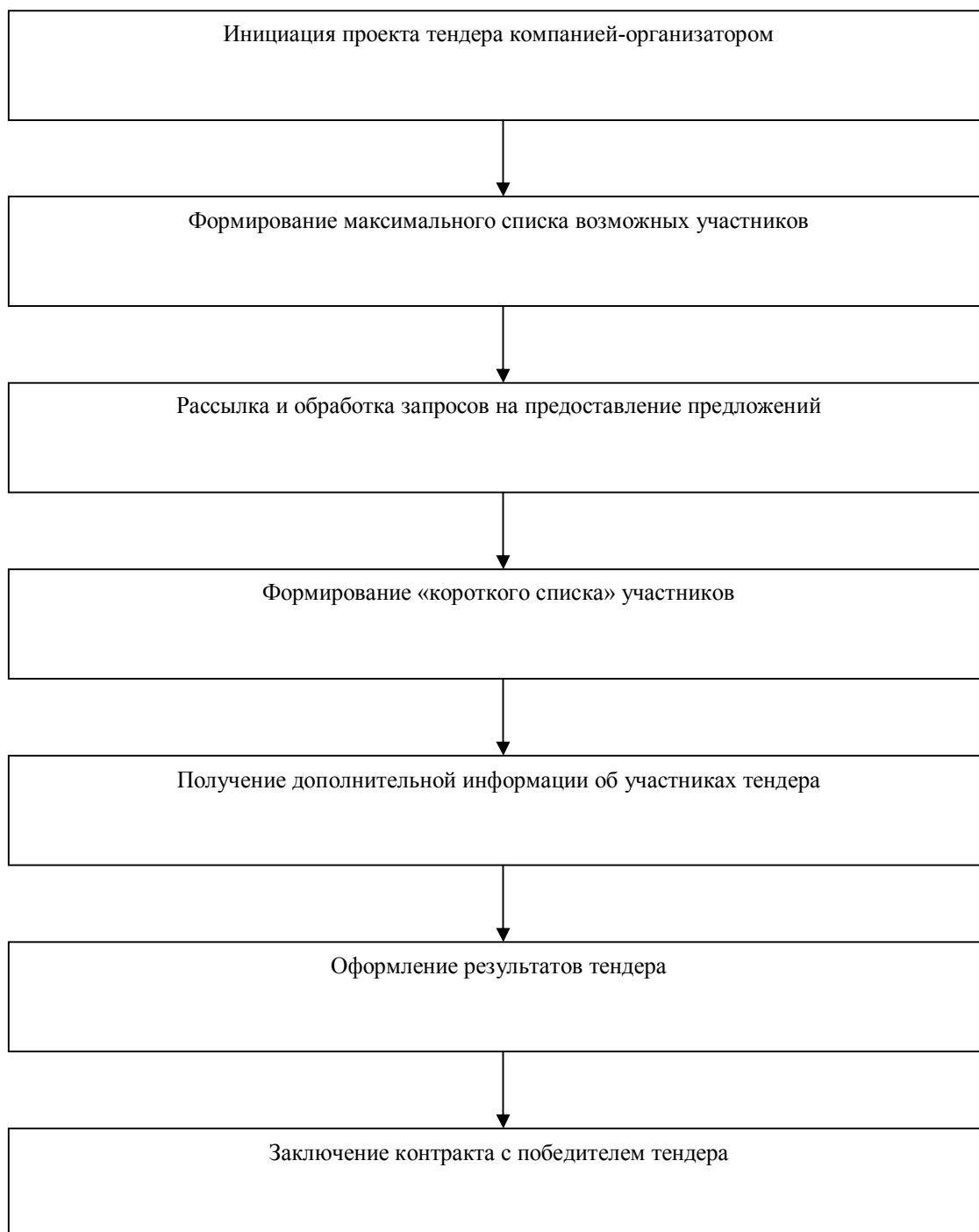


Рис. 1. Процедура проведения тендера

Таблица 1 – Общие коэффициенты в методиках оценки состояния участников тендеров

Наименование организатора	Коэффициент автономии	Коэффициент обеспеченности собственными средствами	Коэффициент текущей ликвидности	Коэффициент покрытия процентов	Рентабельность продаж	Коэффициент соизмеримости
ОАО АК Транснефть	+	+				
Государственная корпорация РОСАТОМ	+	+		+		+
ЗАО ТОМЗЭЛ		+	+			
ОАО Содружество	+	+	+	+		+
ФС по ЭТАН	+		+			
ООО Приморский торговый флот	+					
МО Бежецкий район	+		+	+	+	
ФГУП Оренбургское		+	+			
ОАО Центрсибнефтепровод		+	+			
ОАО МРСК Сибири		+	+			
ОАО Мосэнергосбыт				+		
ОАО ЦИУС ЕЭС	+	+	+		+	+
ОАО Трансбнефть	+	+				
ОАО Волжская ТГК			+			
ОАО Электросетьсервис	+	+	+		+	+
МО Сорочинский район		+	+		+	+
ОАО Морской порт СПб	+	+	+		+	
НКО Фонд развития ЦРКНТ	+		+			
ООО СТНП Ярославль		+	+			
ООО СТНП Северо-Запад		+	+			
ОАО МРСК Урала	+	+	+		+	+
ФГУП ГУССТ №1	+	+	+	+		+
ФГУП ГУССТ №9	+	+	+	+		+
Фонд ПРС			+			
ОАО «Приволжскнефтепровод»	+	+				

Стоит отметить, что у некоторых организаторов встречается методика, основанная на расчете среднеарифметических показателей за последние три года. При расчете коэффициентов по такой методике могут возникнуть проблемы, поскольку с 2011 года в Российской Федерации изменилась кодировка статей бухгалтерской отчетности.

Одной из наиболее высоко конкурентных сфер бизнеса на сегодняшний момент является строительный рынок. Это привело к появлению некачественных материалов и услуг в огромном количестве. В случае необходимости выбора поставщика

стройматериалов, компании-подрядчика для ведения строительных работ, проектировщиков или специалистов по отделочным работам каждый заказчик может получить массу самых разных предложений. Из представленных тендеров, пять – организованы на строительство: ОАО МРСК Урала, ФГУП ГУССТ №1, ФГУП ГУССТ №9, Фонд поддержки и развития спорта города Тюмени и ОАО «Приволжскнефтепровод». Для начала определяется группа риска финансовой неустойчивости компании с помощью модели комплексной балльной оценки риска финансовой несостоятельности предприятия. Содержанием модели является

классификация финансового состояния компаний и на этой основе – оценка возможных негативных последствий рисков ситуации в зависимости от значений факторов-признаков и рейтингового числа. Вариант модели комплексной балльной

оценки риска финансового состояния предприятия представлен в таблице 2. Модель включает пять классов с суммой баллов в диапазоне от 0 (низший класс) до 100 (наивысший класс) [5, с. 154].

Таблица 2 – Границы классов организаций согласно критериям оценки финансового состояния

Показатель финансового состояния	Границы классов согласно критериям				
	1 класс	2 класс	3 класс	4 класс	5 класс
Коэффициент абсолютной ликвидности	$\geq 0,70$	0,69 – 0,50	0,49 – 0,30	0,29 – 0,10	$< 0,10$
	14 баллов	13,8 – 10 баллов	9,8 – 6 баллов	5,8 – 2 баллов	1,8 – 0 баллов
Коэффициент критической оценки	$\geq 1$	0,99 – 0,80	0,79 – 0,70	0,69 – 0,60	$< 0,59$
	11 баллов	10,8 – 7 баллов	6,8 – 5 баллов	4,8 – 3 баллов	2,8 – 0 баллов
Коэффициент текущей ликвидности	$\geq 2$	1,69 – 1,50	1,49 – 1,30	1,29 – 1,00	$< 0,99$
	20 баллов	18,7 – 13 баллов	12,7 – 7 баллов	6,7 – 1 баллов	0,7 – 0 баллов
	1,7 – 2,0 19 баллов				
Доля оборотных средств в активах	$\geq 0,5$	0,49 – 0,40	0,39 – 0,30	0,29 – 0,20	$< 0,20$
	10 баллов	9 – 7 баллов	6,5 – 4 баллов	3,5 – 1 баллов	0,5 – 0 баллов
Коэффициент обеспеченности собственными средствами	$\geq 0,5$	0,49 – 0,40	0,39 – 0,20	0,19 – 0,10	$< 0,10$
	12,5 баллов	12,2 – 9,5 баллов	9,2 – 3,5 баллов	3,2 – 0,5 баллов	0,2 балла
Коэффициент капитализации	$< 0,7 – 1,0$	1,01 – 1,22	1,23 – 1,44	1,45 – 1,56	$\geq 1,57$
	17,5 – 17,7 баллов	17,0 – 10,7 баллов	10,4 – 4,1 баллов	3,8 – 0,5 баллов	0,2 – 0 баллов
Коэффициент финансовой независимости	$> 0,5 – 0,6$	0,49 – 0,45	0,44 – 0,40	0,39 – 0,31	$< 0,30$
	9 – 10 баллов	8,0 – 6,4 баллов	6,0 – 4,4 баллов	4,0 – 0,8 баллов	0,4 – 0 баллов
Коэффициент финансовой устойчивости	$\geq 0,8$	0,79 – 0,70	0,69 – 0,60	0,59 – 0,50	$< 0,49$
	5 баллов	4 балла	3 балла	2 балла	1 – 0 баллов
Границы классов	100 – 97,6	93,5 – 67,6	64,4 – 37	33,8 – 10,8	7,6 – 0

Факторами-признаками в данной модели являются финансовые коэффициенты, характеризующие ликвидность, финансовую устойчивость и независимость фирмы. Соответственно, 1-й класс – это организации с абсолютной финансовой устойчивостью и абсолютной платежеспособностью, а 5-й класс – это фирмы с кризисным финансовым состоянием. Такие фирмы находятся на грани банкротства. Проанализируем данные методики и их коэффициенты для потенциальных участников – строительных компаний. Имеется бухгалтерская отчетность (бухгалтерский баланс и отчет о прибылях и убытках) 60 строительных организаций. Определим для каждой компании группу

риска финансовой неустойчивости по приведенной выше таблице. Проведя все расчеты, были получены следующие результаты: 5 из 60 строительных организаций попали в 1-й класс; 13 компаний – во 2-й класс; 18 фирм – в 3-й класс; 22 – в 4-й класс и оставшиеся 2 организации оказались в 5-м классе.

В методиках организаторов строительных тендеров были предложены следующие коэффициенты: коэффициент текущей ликвидности; коэффициент финансовой независимости (автономии); коэффициент обеспеченности собственными средствами; коэффициент покрытия процентов;

рентабельность продаж; стоимость чистых активов.

Среди предлагаемых наукой методов анализа наиболее часто используемым является многофакторная линейная регрессия. Уравнение регрессии можно представить в следующем виде:

$$y = a + k_1x_1 + k_2x_2 + \dots + k_nx_n,$$

где  $y$  – независимая переменная;  $k$  – регрессионные коэффициенты;  $x$  – зависимые переменные (факторы риска).

Для построения модели линейной регрессии исключаем абсолютный показатель стоимость чистых активов и коэффициент покрытия процентов. Последний показатель у 60% имеющихся компаний рассчитать невозможно, в связи с тем, что знаменатель формулы «проценты к уплате» равен 0. Следовательно, анализ проводим по четырем коэффициентам.

Построив модель, получаем следующее уравнение регрессии:

$$y = 3,395 - 0,081 \cdot x_1 - 0,961 \cdot x_2 - 0,112 \cdot x_3 + 0,005 \cdot x_4$$

В таблице 3 представлены основные характеристики модели.

Таблица 3 – Основные характеристики модели

Множественный R		0,78
F-статистика		20,912
Коэффициент		Стандартная ошибка
Коэффициент текущей ликвидности	x1	0,021
Коэффициент автономии	x2	0,268
Коэффициент обеспеченности собственными средствами	x3	0,051
Рентабельность продаж	x4	0,002

По результатам анализа, можно сказать, что коэффициент текущей ликвидности, коэффициент обеспеченности собственными средствами и рентабельность продаж – наиболее оптимальные показатели для оценки участников тендеров на строительство [4].

Помимо регрессионного анализа сегодня большое внимание уделяется нейросетевому моделированию. Нейронная сеть – компьютерный алгоритм, построенный по принципу человеческого мозга и обладающий способностью к обучению.

Исходя из определения системы, следует справедливое предложение о том, что любой объект, состоящий даже из одного простейшего (первичного) элемента есть система [7]. Базовым элементом нейронной сети является нейрон. Сама идея создания искусственных нейронных сетей по образу устройства нервной системы живых существ с целью выработки новых экономических и технологических решений была разработана ещё в 1943 году. К. Макколлох и А. Питс создали упрощённую модель нейрона. Мозг человека содержит до 1011 нейронов различных видов. Все они сложным образом взаимодействуют между собой и собраны в «популяции» – нейронные сети. Искусственный нейрон, имитируя свойства биологического нейрона, имеет сходное с ним строение [8].

Рынок программного обеспечения нейросетевого моделирования представлен следующими продуктами: STATISTICA Neural Networks; Neural Network Wizard; Neuro Forecaster; VisualData 2001T; Forecast Expert 1.03; NeuroStock 2.4; NeuroScalp ver. 1.0; FuzzyTECH 5.54; Neural Analyzer и другие.

К основным преимуществам нейронных сетей можно отнести:

- способность обучаться на множестве примеров в тех случаях, когда неизвестны закономерности развития ситуации и функции зависимости между входными и выходными данными;
- способность успешно решать задачи, опираясь на неполную, искажённую и внутренне противоречивую входную информацию;
- эксплуатация обученной нейронной сети по силам любым пользователям;
- нейросетевые пакеты позволяют исключительно легко подключаться к базам данных, электронной почте и автоматизировать процесс ввода и первичной обработки данных;
- внутренний параллелизм, присущий нейронным сетям, позволяет практически безгранично наращивать мощность нейросистемы, т. е. сверхвысокое быстродействие за счет использования массового параллелизма обработки информации;
- толерантность к ошибкам: работоспособность сохраняется при повреждении значительного числа нейронов;
- способность к распознаванию образов в условиях сильных помех и искажений.

Авторами были построены несколько вариантов нейронной сети для расчета группы риска финансовой устойчивости компаний – участников строительных тендеров.

Для построения нейронных сетей использовалась программа «Neural Network Wizard». Программа «Neural Network Wizard» предназначена для проведения исследований с целью выбора оптимальной конфигурации нейронной сети, позволяющей наилучшим образом решить поставленную задачу. Результатом работы системы является файл, который хранит в себе все параметры полученной нейронной сети. Далее, на основе этого файла, можно

разрабатывать систему, предназначенную для решения конкретных задач. Преимуществами использования данной программы являются: получение данных для обучения из обычного текстового файла; введены различные способы нормирования данных; возможность создания многослойных нейронных сетей с различной конфигурацией; возможность настройки параметров обучения; обучение нейронной сети осуществляется в автоматическом режиме; возможность сохранения результатов обучения и дальнейшей работы с ними; открытость исходного текста программного кода [2]. Общий вид полученной нейронной сети представлен на рисунке 2.

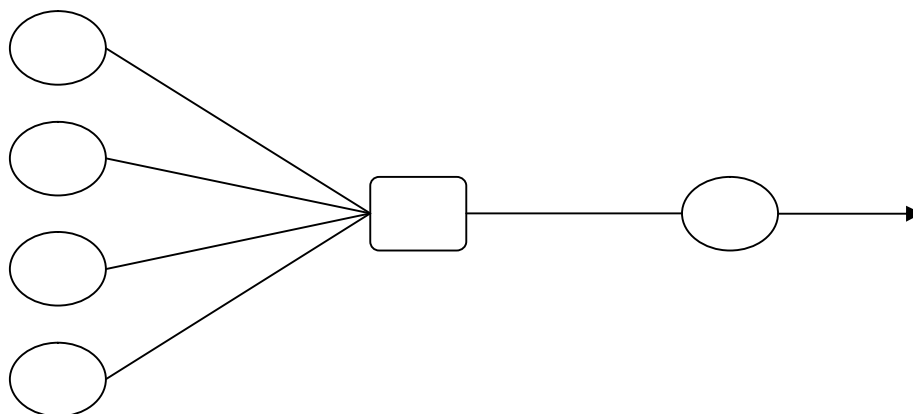


Рис. 2. Нейронная сеть

Входными данными нейронной сети послужили анализируемые коэффициенты: коэффициент текущей ликвидности; коэффициент автономии; коэффициент обеспеченности собственными средствами; рентабельность продаж.

Выходным параметром будет являться номер группы риска финансовой устойчивости организации.

На вход сети информация должна подаваться в нормализованном виде. То есть это числа в диапазоне от 0 до 1. В данной программе можно выбрать один из методов нормализации:

- 1) линейная нормализация  $((X-MIN)/(MAX-MIN))$ ;
- 2) экспоненциальная нормализация  $(1/(1+exp(-ax)))$ ;
- 3) авто-нормализация;
- 4) отсутствие нормализации.

При построении данной нейронной сети предпочтительнее использовать линейную нормализацию, так как значения переменных входных полей плотно заполняют определенные интервалы, даже, несмотря на

то, что среди значений присутствуют редкие «выбросы» намного превышающий типичный разброс.

Затем определили параметры нормализации:

- для коэффициента текущей ликвидности: MIN=0,09, MAX=30,71;
- для коэффициента автономии: MIN=0, MAX=2,06;
- для коэффициента обеспеченности собственными средствами: MIN=0, MAX=10,76;
- для коэффициента рентабельности продаж: MIN=0,04, MAX=199,56;
- для выходного параметра – группы риска: MIN=1, MAX=5.

После определения параметров нормализации задаем функцию активации. Функция активации нейрона – это функция, которая вычисляет выходной сигнал нейрона. Основными функциями активации нейронных сетей являются: единичный скачок (жесткая пороговая функция); сигмоид (сигмоидальная функция); гиперболический тангенс.

В программе, используемой авторами, реализована сигмоидальная функция с параметром  $\delta$ . Сигмоид применяется для обеспечения нелинейного преобразования данных. В противном случае, нейронная сеть сможет выделить только линейно разделимые множества. Параметр сигмоида  $\delta$  подбирается экспериментально. Чем выше

параметр  $\delta$ , тем больше переходная функция приближена к пороговой функции.

Используем три параметра:  $\delta=0,5$ ;  $\delta=1$ ;  $\delta=1,5$ .

Графики функций активации представлены на рисунке 3.

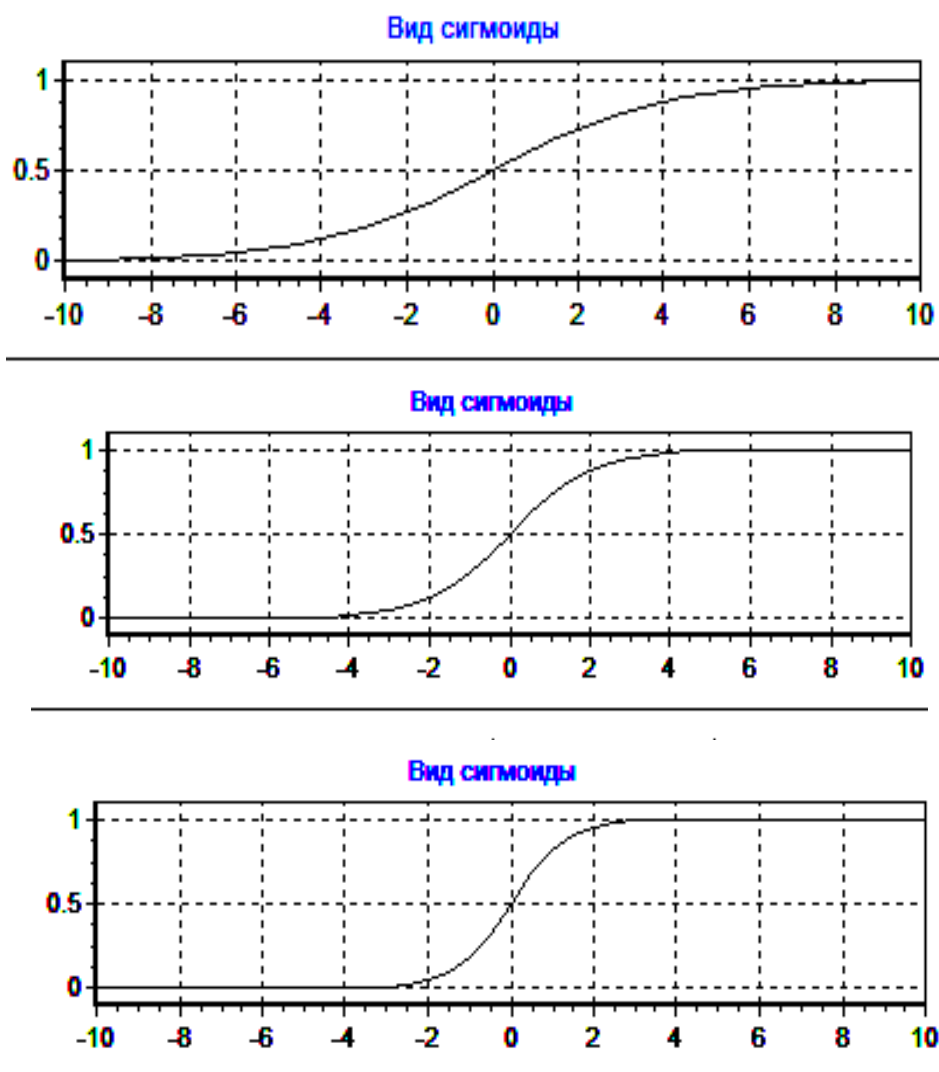


Рис. 3. Виды функций активации нейронной сети

Далее необходимо задать параметры обучения. Во-первых, необходимо установить процент выборки, используемой для обучения нейронной сети. В нашем случае, поскольку выборка представляет 60 наблюдений, целесообразно использовать 100 % выборки для обучения. Во-вторых, определяем скорость обучения. Данный параметр также устанавливается экспериментально. Параметр был установлен 0,1 (среднее значение). В-третьих, устанавливаем значение момента на уровне

0,3. Момент – это параметр, который определяет степень воздействия  $i$ -ой коррекции весов на  $i+1$ -ую. В-четвертых, устанавливаем ошибку по примеру, то есть, если результат прогнозирования отличается от значения из обучаемой выборки – меньше указанной величины, то пример будет считаться распознанным. В-пятых, устанавливаем опцию «Использовать тестовое множество как валидационное». При таком выборе обучение будет прекращено, как только ошибка на тестовом множестве

начнет увеличиваться. Это помогает избежать ситуации переобучения сети. И наконец, устанавливаем критерий остановки обучения, когда распознано 100 % тестовой выборки.

После обучения нейронной сети было проведено ее тестирование с целью установления чувствительности каждого входного параметра. В ходе тестирования было выявлено, что на выходной параметр (группу финансового риска) больше всего влияют первые два входных параметра – коэффициент текущей ликвидности и коэффициент автономии.

#### Заключение

Таким образом, тендеры сегодня один из самых популярных видов решения поставленных задач перед компанией. Для того, чтобы выбрать победителя, снизив при этом риски невыполнения обязательств, у компании – организатора должна быть разработана грамотная методика оценки финансового состояния потенциальных участников тендера.

Одной из самых новых методик оценки финансового состояния компаний можно назвать нейронную сеть. Нейросетевое моделирование позволяет убрать человеческий фактор, а также субъективизм при выборе победителя тендера. Кроме того, созданная нейронная сеть позволяет расширить градацию зоны риска несостоятельности компаний до нецелочисленных делений.

#### Библиографический список

1. Дюжева, М. Б. Оценка эффективности системы управления предприятием с применением рейтингов / М. Б. Дюжева, Т. Н. Тарасова // Вестник Российского торгово-экономического университета (РГТЭУ). – 2008. – №2. – С. 174-181.
2. Кузнецов, Ю. А. Использование нейросетевого моделирования в анализе деятельности крупнейших компаний Российской Федерации / Ю. А. Кузнецов, В. И. Перова // Экономический анализ: теория и практика. – 2010. – №31. – С. 32-42.
3. Метелев С. Е. Кредитный риск: методы оценки и пути минимизации: научное издание / С. Е. Метелев, Т. В. Завгородняя, А. Н. Машкина. - Омск: Издатель ИП Погорелова Е. В., 2009. – 132 с.
4. Патласов, О. Ю. Логит-регрессионная техника моделирования оценки кредитоспособности юридических лиц – сельскохозяйственных организаций / О. Ю. Патласов, Н. В. Васина // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2012. – № 2. – С. 85 – 95.
5. Патласов, О. Ю. Алгоритмы проведения тендеров и модель отбора участников / О. Ю.

Патласов, А. М. Самарин // Омский научный вестник. – 2013. – №5. – С. 46-52.

6. Родионов, М. Г. Абстракционные свойства и общие закономерности систем в основе новой теории структур / М. Г. Родионов // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2013. – № 2. – С. 55-63.

7. Родионов, М. Г. Предпосылки построения новой теории структур на основании положения общей теории системы / М. Г. Родионов // Вестник сибирского института бизнеса и информационных технологий. – 2013. – №1. – С. 16 - 19.

8. Самарин, А. М. История нейрокомпьютинга и его применение в бизнесе / А. М. Самарин // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. – 2013. – №2. – С. 48 - 54.

9. Изменения в законодательстве, вступающие в силу с 1 января 2014 г. [Электронный ресурс] / Информационно-правовой портал «Гарант». – Режим доступа: <http://base.garant.ru/997729/>

#### NEURAL NETWORK MODELING OF FINANCIAL CONDITION'S ASSESSMENT OF COMMERCIAL TENDERS AND PUBLIC PROCUREMENTS' PARTICIPANTS

O. U. Patlasov, A. M. Samarina

**Abstract.** The article reflects the main changes in the procurement law for state and municipal needs. The methods of assessing the financial condition of tenders' participants are analyzed. The equation of linear regression is equated on the basis of these methods. The neural network model on these tenders with different types of activation functions is constructed. There is a conclusion on expediency of using proposed coefficients at assessment of financial state of a company – tender's participant.

**Keywords:** tender, procurements, neuron, neural network, neural network modeling, methodology, assessment, coefficient.

#### References

1. Dyuzheva M. B., Tarasova T. N. Otsenka effektivnosti sistemy upravleniya predpriyatiem s primeneniem reytingov [Assessment of effectiveness of business management system using ratings]. *Vestnik Rossiyskogo trgovno-ekonomicheskogo universiteta (RGTEU)*, 2008, no. 2, pp. 174 - 181.
2. Kuznetsov Yu. A. Ispolzovanie neyrosetevogo modelirovaniya v analize deyatelnosti krupneyshih kompaniy Rossiyskoy Federatsii [Use of neural network modeling in the analysis of activity of the largest companies of the Russian Federation] *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika*, 2010, no. 31, pp. 32 - 42.
3. Metelev S. E., Zavgorodnjaja T. V., Mashkina A. N. *Kreditnyj risk: metody ocenki i puti minimizacii: nauchnoe izdanie* [Credit risk: assessment's methods and minimization's ways: scientific edition]. Омск: Izdatel' IP Pogorelova E. V., 2009, 132 p.
4. Patlasov O. Y., Vasina N. V. Logit-regressionnaya tehnika modelirovaniya otsenki kreditosposobnosti yuridicheskikh lits -

selskohozyaystvennykh organizatsiy [Logit-regression modeling technique of an assessment of legal entities' solvency – agricultural organizations]. *Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovaniya*, 2012, no. 2, pp. 85 - 95.

5. Patlasov O. Y., Samarin A. M. Algoritmy provedeniya tenderov i model otbora uchastnikov. [Algorithms of conducting tenders and model of participants' selection]. *Omskiy nauchnyy vestnik*, 2013, no. 5, pp. 46 - 52.

6. Rodionov M. G. Abstraktsionnyye svoystva i obshchie zakonomernosti sistem v osnove novoy teorii struktur. [Abstract properties and general regularities of systems in the basis of a new theory of structures]. *Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovaniya*, 2013, no. 2, pp. 55 - 63.

7. Rodionov M. G. Predposylki postroeniya novoy teorii struktur na osnovanii polozheniya obshhej teorii sistemy [Prerequisites for creation of a new theory of structures on the basis of a general theory of system's provision]. *Vestnik sibirskogo instituta biznesa i informacionnykh tehnologij*, 2013, no.1, pp. 16-19.

8. Samarin A. M. Istoriya neyrokompyutinga i ego primeneniye v biznese. [History of neurocomputing and its application in business] *Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informatsionnykh tehnologiy*, 2013, no. 2, pp. 48-54.

9. *Izmeneniya v zakonodatelstve, vstupayushchie v silu s 1 yanvarya 2014 g.* [The changes in the legislation coming into force since January 1, 2014.] Available at: <http://base.garant.ru/997729/>

*Патласов Олег Юрьевич (Россия, г. Омск) - проректор по международной деятельности Омской гуманитарной академии; проректор по лицензированию и аккредитации Омского регионального института, профессор ТФ Омского государственного аграрного университета). (644105 Россия, г. Омск-105, ул. 4-я Челюскинцев, 2А, e-mail: opatlasov@mail.ru)*

*Самарин Алексей Михайлович (Россия, г. Омск) – ассистент кафедры экономики НОУ ВПО Сибирский институт бизнеса и информационных технологий; аспирант кафедры коммерции, маркетинга и рекламы НОУ ВПО Омская гуманитарная академия. (644116, Россия, г. Омск, ул.24-я Северная 196/1 e-mail: alex23071990@mail.ru)*

*Patlasov O. Yu. (Russian Federation, Omsk) - doctor of economical science, professor, head of the «Commerce, marketing, advertising» department Omsk Academy of the Humanities (OmGA). (644105, Omsk, 4 Chelyuskintsev, 2A, e-mail: opatlasov@mail.ru)*

*Samarin A. M. (Russian Federation, Omsk) - assistant of the «Economy» department Siberian Institute of Business and Information Technologies (SIBIT). (644116, Omsk, 24 Severnaya street, 196/1, e-mail: alex23071990@mail.ru)*

УДК 656.07

### ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГОСУДАРСТВА И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В ТРАНСПОРТНОМ КОМПЛЕКСЕ

Л. В. Эйхлер, Е. Ю. Ренгольд

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

**Аннотация.** *Статья посвящена вопросам взаимодействия государства и малого бизнеса на автомобильном транспорте. В ней рассматривается отношение основных экономических учений к государственному вмешательству в сферы бизнеса. Анализируется изменение российского законодательства в отношении предпринимательства, а также приводятся статистические данные на автомобильном транспорте, подтверждающие выводы авторов.*

**Ключевые слова:** *автомобильный транспорт, предпринимательство, малый бизнес.*

#### Введение

В современных условиях предпринимательство является особым сектором рыночной экономики. В этой связи повышенного внимания заслуживает вопрос взаимодействия государства и предпринимательских структур, действующих в транспортном секторе. Данное

взаимодействие напрямую зависит от сложившегося экономического строя в стране, особенностей государства, менталитета народа и от многих других факторов. Поэтому на протяжении эпох все экономические школы уделяли особое внимание взаимоотношениям государства и сфер бизнеса.



### **Развитие механизмов взаимодействия государственных и предпринимательских структур на транспорте.**

Согласно российскому законодательству предпринимательство – это самостоятельная, осуществляемая на свой риск экономическая деятельность, направленная на систематическое получение прибыли от пользования имуществом и/или нематериальными активами, продажи товаров, выполнения работ или оказания услуг лицами, зарегистрированными в этом качестве в установленном законом порядке.

Опыт экономического развития зарубежных государств показывает, что сегодня нет ни одной высокоразвитой страны, в которой бы государство в разной мере не регулировало основные социально-экономические процессы, одними из которых является развитие малых форм предпринимательства и транспортный комплекс. Государственное регулирование сферы предпринимательства на транспорте является обязательным условием успешного функционирования рыночной системы хозяйствования, в основе которой лежит сочетание механизмов саморегулирования и государственного управления [18]. Все экономические течения признают с целью стабильного функционирования рыночной системы хозяйствования необходимость сочетания рыночного механизма и государственного вмешательства. Так Дж. М. Кейнс «указывает на жизненную необходимость создания централизованного контроля в вопросах, которые представлены частной инициативе. Государство должно оказывать свое влияние на склонность к потреблению частично путем соответствующей системы налогов, частично фиксированием нормы процента и, возможно, другими способами» [3].

В свою очередь неоклассическая школа также уделяет внимание вопросам государственного вмешательства в сферы бизнеса. Однако в отличие от Кейнса представители данной школы делают основной упор на минимизацию государственного влияния, отдавая предпочтение законам конкурентной среды и саморегулированию в экономике через рыночное ценообразование. Представители институционализма в данном вопросе не поддерживают приверженцев неоконсерватизма, говоря о необходимости

взвешенного вмешательства государства в экономику через установление институтов для регулирования предпринимательской деятельности. Таким образом, у представителей различных школ возникают расхождения лишь в представлении о границах, формах и методах государственного регулирования предпринимательской сферой, но сам факт взаимодействия признают все.

Данному взаимодействию должно способствовать в первую очередь само государство. В настоящее время сфера предпринимательства в России продолжает развиваться. Так сегодня российское предпринимательство находится в неблагоприятных для себя условиях и это в первую очередь касается транспорта, как связующего звена всех отраслей экономики и формирующего себестоимость каждого производимого продукта. Слабая государственная поддержка, недостаточная правовая защита, слишком высокие налоги, высокие ставки по кредитам, бюрократизм, несовершенство законов, регулирующих предпринимательство в России, не позволяют малому бизнесу активно развиваться. И если для железнодорожного, авиационного, трубопроводного или водного транспорта индивидуальное предпринимательство не слишком характерно в силу значительных капиталовложений и персональной ответственности индивидуального предпринимателя. То на автомобильном транспорте малый бизнес и индивидуальное предпринимательство развивалось значительными темпами как в сфере грузовых и пассажирских перевозок, так и в сферах обслуживания автомобильного транспорта.

Государственная политика должна способствовать развитию наиболее перспективных направлений предпринимательской деятельности на транспорте, позволяя адаптироваться субъектам среднего и малого предпринимательства к постоянно меняющимся условиям внешней среды через комплекс мер правового, организационного, экономического, социально-психологического характера [2]. Для этого государство пользуется прямыми и косвенными методами, представленными на рисунке 1.

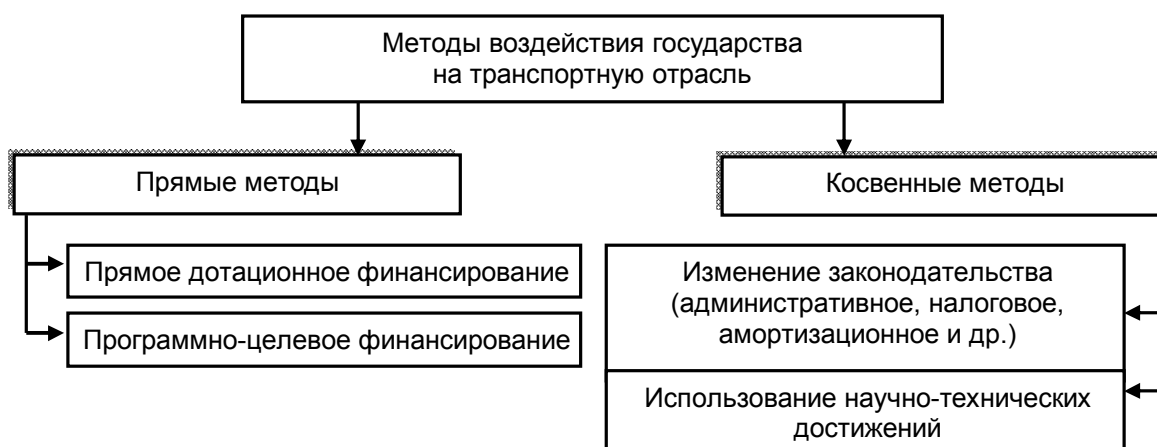


Рис.1. Методы прямого и косвенного воздействия государства на транспортную отрасль в России

Прямые методы государственного регулирования осуществляются в двух основных формах:

1) в административно-ведомственной - через прямое дотационное финансирование, к которому относятся: дотации, компенсации и другие (это в первую очередь должно относиться к пассажирскому транспорту);

2) в программно-целевой - через финансирование целевых программ, в которых государство выступает в роли заказчика (государственные заказы на автомобильные грузоперевозки).

Косвенные методы направлены на создание благоприятной внешней среды, позволяющей стимулировать развитие транспортной отрасли в стране. К ним относятся изменения налогового и амортизационного законодательства, позволяющие укрепить сферу предпринимательства. Достижения научно-технического прогресса создают базу для повышения организации и контроля транспортного процесса.

Развитие предпринимательства в автотранспортной отрасли имеет ряд особенностей. Так именно предприятия грузового автомобильного транспорта на начальном этапе развития рыночной экономики в России оказываются «предоставленными сами себе» и с целью «выживания» в новых условиях одними из первых начинают осуществлять коммерческие перевозки. Так значительные структурные изменения в отраслях городского хозяйства привели к изменению структуры парков грузовых автопредприятий [17]:

- снижение производства и рост потребности в перевозках торговых грузов

привело к увеличению спроса на малотоннажные грузовые автомобили и к сокращению среднетоннажных автомобилей;

- возрастающие объемы междугородних и международных перевозок создали потребность в автопоездах большой грузоподъемности.

Данные структурные изменения парка автотранспортного комплекса и сложные экономические условия привели к коммерциализации грузовых автотранспортных предприятий, в результате чего происходит их разукрупнение. Создание значительного количества мелких автоперевозчиков на базе ранее существующего крупного предприятия подтолкнуло правительство к разработке новой законодательной базы, позволяющей регулировать предпринимательскую среду.

На протяжении последних 10 лет Правительством России и Омской области принимаются законы и положения, направленные на развитие предпринимательства, как во всех сферах деятельности, так и на транспорте в частности. Среди них законы и постановления «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации», «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля», «О распределении и предоставлении субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на государственную поддержку малого и среднего предпринимательства, включая крестьянские (фермерские) хозяйства», «О мерах по реализации в 2010

году мероприятий по государственной поддержке малого и среднего предпринимательства», «О порядке конкурсного отбора субъектов Российской Федерации, бюджетам которых в 2012 году предоставляются субсидии для финансирования мероприятий, осуществляемых в рамках оказания государственной поддержки малого и среднего предпринимательства субъектами Российской Федерации», «Об утверждении долгосрочной целевой программы Омской области «Развитие объектов транспортной

инфраструктуры Омской области (2010 - 2016 годы)», «Об утверждении ведомственной целевой программы «Государственная поддержка автомобильного, водного и железнодорожного транспорта на территории Омской области на 2012 – 2015 годы» [7,8,9,10,11,12].

Данные законопроекты дали свои положительные результаты, о чем свидетельствуют и статистические данные, представленные в таблицах 1 и 2 [4,5,6].

Таблица 1 – Количество предприятий транспорта среднего и малого предпринимательства в России, единиц

Показатель	2009 г.	2010г.	2011г.	2012г.
Всего предприятий:	83 046	90 798	103 938	117 766
В том числе				
- средние предприятия	74	1032	666	572
- малые предприятия	11 265	11 872	11 390	12 358
- микропредприятия	71 707	77 894	91 882	104 836

Таблица 2 – Количество предприятий среднего и малого предпринимательства по Омской области, единиц

Показатель	2009 г.	2010г.	2011г.	2012г.
Всего предприятий:	20 247	21 554	23 829	26 529
В том числе				
- средние предприятия	207	313	213	201
- малые предприятия	2 927	2 989	3 049	2 976
- микропредприятия	17 113	18 252	20 567	23 352

Как видно из таблице 1 и 2, общее количество предприятий, относящихся к среднему и малому предпринимательству, выросло как в рамках всей страны, так и по Омской области. Так, предприятия по Омской области увеличились с 2009 года на 31 %. Что касается предпринимательства в сфере транспорта по всей России, то оно возросло на 41,8 %. Если проводить структурный анализ предпринимательства, то основную долю здесь, более 80 %, составляют микропредприятия на которых работает не более 15 человек и имеющие доход до 60 млн. руб. в год. Количество малых

предприятий составляет около 10 %, к ним относятся организации на которых работает до 100 человек и годовой доход которых составляет на более 400 млн.руб. В свою очередь, средние предприятия с доходом до 1000 млн.руб. и численностью работников до 250 человек составляют менее 1 %. Причем данная структура характерна как для транспортных предприятий, так и для всех сфер бизнеса.

В таблице 3 представлены показатели объема перевозок и транспортной работы по Омской области за период с 2009 по 2012 год [13,14,15,16].

Таблица 3 – Перевозка грузов автомобильным транспортом Омской области

Показатель	2009 г.	2010г.	2011г.	2012г.
Объем перевозок, млн. тонн				
Крупными и средними организациями	20,4	20,3	22,2	20,0
Малыми организациями	2,8	4,5	6,3	4,1
Индивидуальными предпринимателями	0,3	0,4	0,6	0,8

Грузооборот, млн. т-км				
Крупными и средними организациями	555,4	590,1	689,5	644,8
Малыми организациями	209,1	306,8	313,1	293,3
Индивидуальными предпринимателями	75,7	104,6	155,4	167,3

Как видно из табл. 3, около половины всего грузооборота совершается крупными и средними автотранспортными предприятиями. Одновременно с этим, если рассматривать объем перевозок, то данные организации совершают в три раза больший объем работ, чем малые организации и индивидуальные предприниматели, хотя доля двух последних за представленные четыре года значительно выросла (в 1,6 раза). Согласно статистических данных перевозки грузов по Омской области несколько возросли в 2011 году, однако в 2012 году наблюдается снижение перевозок крупными, средними и малыми организациями, в то время как индивидуальные предприниматели продолжают завоевывать свою долю рынка транспортных услуг. Так, с 2009 года грузооборот крупными и средними транспортными организациями возрос всего на 16 %, малыми – на 40 %, в то время как этот же показатель у индивидуальных предпринимателей вырос в 2,2 раза.

Однако наряду с программами государственной поддержки предпринимательства анализируется ухудшение налоговой среды для индивидуального предпринимательства. Так, за период с 2006 года взносы в государственные внебюджетные фонды для индивидуальных предпринимателей увеличились с 1800 руб. в год до 42472,80 руб. в 2013 году. Увеличение взносов более чем в 23 раза за семь лет является слишком большим для сферы индивидуального предпринимательства, где предприниматель отвечает всем своим имуществом по возникающим обязательствам. Эти изменения наиболее пагубно сказались на автотранспортной отрасли, которая начала развиваться за счет индивидуальных перевозчиков. При этом деятельность, связанная с автоперевозками слишком затратная, рентабельность которой не превышает, как правило, 10 %, в то время как виды экономической деятельности, связанные с торговлей, в частности, могут достигать рентабельности до 100 %.

С 01 января 2013 года взносы индивидуальных предпринимателей в государственные внебюджетные фонды увеличились в два раза относительно предыдущего года. В связи с чем, за первые три месяца 2013 года количество индивидуальных предпринимателей в России сократилось на 300 тысяч человек – это около 7 % от общего их количества по стране. Несмотря на то, что с 2014 года расчет взносов в данные фонды для предпринимателей был вновь изменен (расчет взносов начал осуществляться от однократного размера оплаты труда, а не двух кратного, как в 2013 году), однако, реальное снижение налогов будет наблюдаться лишь для малоимущих сфер бизнеса, поскольку размер, уплачиваемых взносов будет теперь зависеть от дохода предпринимателя. Таким образом, прогнозировать значительное развитие индивидуального предпринимательства на автомобильном транспорте было бы преждевременно. Как отмечается в комитете Госдумы по экономической политике, инновационному развитию и предпринимательству, на сегодняшний день в России доля малого бизнеса в ВВП составляет около 20 %. В это же время в ведущих экономически-развитых странах мира только благодаря деятельности малых и средних компаний создается более 50% ВВП. Поэтому, одним из важнейших вопросов поддержки малого бизнеса в России, о котором сейчас говорят многие эксперты – это снижение социальных взносов до уровня, который был до 2010 года и доступность «длинных и дешевых» кредитов на развитие бизнеса.

Кроме того, как отмечают эксперты, интеграция России в сфере поддержки малого бизнеса должна осуществляться на базе согласованной экономической политики. При этом суть стратегических задач государства при поддержке малого сектора экономики и автомобильного транспорта должна заключаться в создании соответствующих благоприятных условий для их устойчивого и динамического развития. И

этими условиями в первую очередь должны выступать правовые, экономические, социальные, организационные стимулы, способствующие развитию малых предприятий.

Влияние крупных мировых компаний в России в последние годы усилилось. В связи с этим, государство разрабатывает и реализует меры по развитию отечественного предпринимательства. Среди них: создание правового обеспечения, создание условий для формирования добросовестной конкурентной среды, создание благоприятной среды для инвестиций в промышленность, разработка механизмов частно-государственного взаимодействия и обеспечение исполнения взятых на себя обязательств.

Государственная политика в сфере транспорта в России должна быть направлена на [1]: обеспечение баланса между интересами производителей и потребителей транспортных услуг, экономическую эффективность автоперевозчиков, обеспечение общественно приемлемого уровня безопасности функционирования транспортных систем для жизни и здоровья людей, обеспечение динамичности развития транспортной отрасли, обеспечение потребности государства в транспортных услугах при осуществлении им функции общественной безопасности.

Действия властей не всегда расцениваются предпринимателями как положительные. Отдельные льготы и инструменты государственной поддержки воспринимаются как неэффективные, из-за создания необоснованных преимуществ отдельным компаниям, а также предопределяет завышение или занижение смет. Так, конкурсная основа при проведении строительно-ремонтных работ в пассажирских автотранспортных предприятиях, датируемых со стороны государства, приводит к занижению величины сметы работ со стороны подрядчика, а после подписания документов - к ухудшению качества выполняемых работ. Таким образом, положительная инициатива государства направленная на не завышение цен по госзаказам через организацию конкурсов обернулась отрицательной практикой в российской действительности. Учитывая это, необходимо пересматривать на законодательном уровне нормативную базу, касающуюся условий конкурсов, с учетом выявляемых проблем.

Кроме того, политику стимулирования предпринимательства необходимо проводить с учетом приоритетных направлений развития народного хозяйства. Так, в промышленно развитых странах налоги на прибыль предпринимателя, занятого производственной деятельностью, дифференцируются в зависимости от выпускаемой продукции и, как правило, не превышают 30 %. При этом, налоги на коммерческое посредничество значительно выше и по некоторым странам достигают 90-95 % [2]. Данный механизм позволяет стимулировать прилив капиталов в реальный сектор экономики. В России сегодня этот механизм не используется в полной мере. Так, наблюдается лишь незначительное снижение налогового бремени в сельском хозяйстве и некоторых социально-значимых видах деятельности. Транспортная отрасль находится в равнозначных экономических условиях, при которых в более выгодном положении оказывается коммерческое посредничество, по сути не несущее тех затрат с которыми сталкивается реальный сектор экономики. В связи с этим, сегодня назрела необходимость в совершенствовании не только налогового законодательства, но и административно-уголовного, что позволило бы не только развивать транспортный комплекс вместе с другими базовыми отраслями экономики, такие как промышленность, сельское хозяйство, но и снизить нецелевое использование выделяемых ресурсов.

### **Заключение**

Отношения между государством и предпринимательством на транспорте должны носить партнерский характер, быть взаимовыгодными и представляющими взаимную заинтересованность. С точки зрения предпринимательства, государство должно создавать условия для достижения различными сферами бизнеса своих экономических целей. В свою очередь, с точки зрения государства, предпринимательство должно поддерживать высокий уровень занятости, рост общего благосостояния народа, достижение социально-политической стабильности и экономической мощи государства.

### **Библиографический список**

1. Гавриленко, Н. Г. Особенности циклического развития транспортного комплекса России: монография / Н. Г. Гавриленко. – Омск: СибАДИ, 2011 – 212 с.

2. Бирюков, В. В. Государственная поддержка малого предпринимательства в современной России: монография / В. В. Бирюков, Е. В. Романенко. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2006. – 166 с.

3. Кейнс, Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег / Дж. М. Кейнс, Л. П. Кураков, Н. Н. Любимов, Ж. М. Кейнес; Под ред. Л.П. Куракова. – М.: Гелиос АРВ, 1999. – 352 с.

4. Малое и среднее предпринимательство в России. 2011: Стат.сб. // Росстат. – Москва, 2011. – 172 с.

5. Малое и среднее предпринимательство в России. 2012: Стат.сб. // Росстат. – Москва, 2012. – 185 с.

6. Малое и среднее предпринимательство в России. 2013: Стат.сб. // Росстат. – Москва, 2013. – 124 с.

7. Об утверждении ведомственной целевой программы «Государственная поддержка автомобильного, водного и железнодорожного транспорта на территории Омской области на 2012 – 2015 годы»: Приказ от 07.11.2012 № 56-н.

8. Об утверждении долгосрочной целевой программы Омской области «Развитие объектов транспортной инфраструктуры Омской области (2010 – 2016 годы)»: Постановление Правительства Омской области от 07.10.2009 № 183-п.

9. О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля: Федеральный закон от 26.12.2008 № 294-ФЗ.

10. О мерах по реализации в 2010 году мероприятий по государственной поддержке малого и среднего предпринимательства: Приказ от 16.02.2010 № 59.

11. О порядке конкурсного отбора субъектов Российской Федерации, бюджетам которых в 2012 году предоставляются субсидии для финансирования мероприятий, осуществляемых в рамках оказания государственной поддержки малого и среднего предпринимательства субъектами Российской Федерации: Приказ от 12.03.2012 № 107.

12. О распределении и предоставлении субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на государственную поддержку малого и среднего предпринимательства, включая крестьянские (фермерские) хозяйства: Постановление Правительства Российской Федерации от 27.02.2009 № 178.

13. Транспорт и связь Омской области: Стат. сб. // Омкстат. – Омск, 2010. – 80 с.

14. Транспорт и связь Омской области: Стат. сб. // Омкстат. – Омск, 2011. – 84 с.

15. Транспорт и связь Омской области: Стат. сб. // Омкстат. – Омск, 2012. – 86 с.

16. Транспорт и связь Омской области: Стат. сб. // Омкстат. – Омск, 2013. – 79 с.

17. Улицкий, М. П. Стратегия развития грузового автотранспорта в крупных городах / М.

П. Улицкий, А. Д. Хмельницкий // Автотранспортное предприятие. – 2005. – №8. – С. 4-11.

18. Хаирова, С. М. Организация предпринимательской деятельности: учебное пособие / С. М. Хаирова, И. С. Метелев, Б. Г. Хаиров – Омск.: ООО «Омскбланкиздат», 2012 г. – 258 с.

## INTERACTION BETWEEN GOVERNMENT AND ENTREPRENEURSHIP IN TRANSPORT COMPLEX

L. V. Eichler, E. Y. Rengold

**Abstract.** The paper is devoted to the problems of interaction between government and small business in road transport. It examines attitude of main economic doctrines to government interference in business spheres. The change of Russian legislation regarding entrepreneurship is analyzed and statistic data on automobile transport, which confirms the author's conclusions, is cited.

**Keywords:** road transport, entrepreneurship, small business.

## References

1. Gavrylenko N. G. *Osobennosti ciklicheskogo razvitiya transportnogo kompleksa Rossii* [Features cyclic development of transport complex of Russia]. Omsk SibADI, 2011, 212 p.

2. Biryukov V. V., Romanenko E. V. *Gosudarstvennaya podderzhka malogo predprinimatel'stva v sovremennoj Rossii* [State support for small business in modern Russia]. Omsk: Univ OmSTU, 2006, 166 p.

3. Keynes J. M. *The general theory of employment, interest and money*. John Maynard Keynes, L. P. Kurakov N. N. Lyubimov, J. M. Keynes; Ed. L. P. Kurakova. Moscow, Helios ARV, 1999, 352 p.

4. Small and medium business in Russia. 2011: Stat.sb. Rosstat. Moscow, 2011, 172 p.

5. Small and medium business in Russia. 2012: Stat.sb. Rosstat. Moscow, 2012, 185 p.

6. Small and medium business in Russia. 2013: Stat.sb. Rosstat. Moscow, 2013, 124 p.

7. On approval of the departmental target program State support for road, water and rail transport in the Omsk region in 2012 - 2015 years: Order from 07.11.2012 № 56-н.

8. On approval of the long-term program of the Omsk region "Development of transport infrastructure of the Omsk region (2010 - 2016 years): Decree of the Government of the Omsk region from 07.10.2009 № 183 p.

9. On protection of legal entities and individual entrepreneurs in the implementation of state control (supervision) and municipal control: Federal Law of 26.12.2008 № 294-FZ.

10. On measures for implementation of the 2010 Action on State Support of Small and Medium Enterprises: Order from 16.02.2010 № 59.

11. On the order of the competitive selection of subjects of the Russian Federation, which budgets in 2012, provides grants to finance activities carried out within the framework of state support for small and

medium business entities of the Russian Federation: Order from 12.03.2012 № 107.

12. On the distribution and provision of subsidies from the federal budget of the Russian Federation for the state support of small and medium-sized businesses, including peasant (farmer's) economy: Government Decree of 27.02.2009 № 178.

13. Transport and communication Omsk region: Stat. Sat. Omskstat. Omsk, 2010, 80 p.

14. Transport and communication Omsk region: Stat. Sat. Omskstat. Omsk, 2011, 84 p.

15. Transport and communication Omsk region: Stat. Sat. Omskstat. Omsk, 2012, 86 p.

16. Transport and communication Omsk region: Stat. Sat. Omskstat. Omsk, 2013, 79 p.

17. Ulitsky M. P., Khmelnskiy A. D. Strategija razvitija gruzovogo avtotransporta v krupnyh gorodah [The development strategy of the road freight transport in major cities]. *Avtotransportnoe predpriyatje*, 2005, no 8, pp. 4 - 11.

18. Hairova S. M., Metelev I. S., Hairov B. G. *Organizacija predprinimatel'skoj dejatel'nosti: uchebnoe posobie* [Organization of entrepreneurial activity: Tutorial]. Omsk: Omskblankizdat, 2012, 258 p.

*Эйхлер Лариса Васильевна (Россия, г. Омск) – кандидат экономических наук, профессор, заведующая кафедрой «Экономика и управление предприятиями» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ), (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: eihler17@rambler.ru)*

*Ренгольд Евгений Юрьевич (Россия, г. Омск) – аспирант Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ), (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: fov-81@mail.ru)*

*Eichler L. V. (Russian Federation, Omsk) - Ph.D. in Economics, Associate Professor, Head of the Department "Economics and Management of Enterprises" The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, department, e-mail: eihler17@rambler.ru)*

*Rengold E. Yu. (Omsk, Russian Federation) – postgraduate The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira, 5, department, e-mail: fov-81@mail.ru)*

УДК 656.078.1

### К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО – ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ)

Е. В. Табачникова

Санкт-Петербургский государственный экономический университета (СПбГЭУ)  
Россия, г. Санкт-Петербург

**Аннотация.** Данная статья посвящена одной из ключевых задач, решаемых в рамках процесса управления, - оценке состояния объекта управления. Цель статьи - привести описание разработанной методики оценки устойчивого развития грузового автотранспортного предприятия на основе построения интегрального показателя. В предложенной методике выделены отраслевые особенности оценки устойчивости предприятия транспортной отрасли. В рамках статьи приведены результаты проведенного анализа методических подходов к решению обозначенной проблемы, представлены расчеты, выполненные на основе эмпирических данных, обозначены недостатки, присущие используемому методу. Автор статьи полагает, что проведение оценки с помощью предложенной методики позволяет получить информацию, необходимую для принятия своевременных управленческих решений, направленных на обеспечение устойчивого развития предприятия.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, устойчивость, методы оценки, интегральный показатель, экспертные оценки.

#### Введение

Одним из ключевых этапов в процессе управления объектом является оценка его состояния. Применительно к условиям реализации концепции устойчивого развития данное утверждение является также справедливым. Концепция устойчивого

развития представляется актуальной по отношению к системам любого уровня. В рамках исследования в качестве такой социально-экономической системы рассматривается предприятие транспортной отрасли.

В научной среде не утихает полемика относительно определения категории «устойчивость» и возможности обеспечения устойчивого развития социально-экономической системы. В конце XIX века А. М. Ляпуновым было дано следующее определение устойчивости применительно к динамическим системам: «Траектория будет называться устойчивой, если для сколь угодно малого предельного отклонения, определяющего коридор устойчивости, можно указать такие ограничения для возмущений, при которых система не выйдет из этого коридора» [4]. Поэтому при исследовании проблем устойчивости важно определить те параметры системы, изменение которых должно происходить в диапазоне заданных значений.

По поводу категории «развитие системы» также не было выявлено единого мнения. Но с учетом особенностей функционирования предприятий в условиях современного рынка предлагается принять следующую точку зрения: «...под развитием в кибернетике понимается переход целеустремленной системы ко все более эффективным методам, сферам и масштабам деятельности» [3].

Возвращаясь к обозначенному выше вопросу, следует отметить, что оценка устойчивого развития позволяет прогнозировать состояние системы и разрабатывать соответствующие управленческие решения.

#### **Методика расчета интегрального показателя**

К оценке устойчивости и устойчивого развития предприятия применяются различные методические подходы. Например, оценку устойчивого развития системы через показатели эффективности и безопасности предложил в своей работе Ильичев А. В. [1]. Так, автор исходит из предпосылки, что развитие любой системы сопровождается как позитивными факторами, определяющими меру достижения цели развития, так и негативными моментами. Количественные оценки этих сторон развития систем могут быть определены на основе анализа эффективности либо результативности, как меры достижения цели, и безопасности, как системы мер парирования возникающих рисков. Покровский А. К. [2] предлагает рассматривать устойчивость деятельности предприятия через построение интегрального показателя  $\beta$ :

$$\beta = f(1,2,3,\dots,8), \quad (1)$$

где 1,2,3,...8 – показатели, характеризующие финансово-экономическую стабильность предприятия, производственно-хозяйственную деятельность, экологию производственной деятельности, степень удовлетворенности потребителей, функционирование предприятия в конкурентной среде, состояние рыночной среды потребителей, состояние рыночной среды поставщиков и изменение рыночной среды соответственно.

Специфика условий функционирования предприятий малого бизнеса отражена в подходе к оценке экономической устойчивости предприятия, предложенной Лушпининым К. В. [5]. Согласно данному подходу предлагается использовать такие показатели как: организационная мобильность, устойчивость бизнеса, инновационная активность. Показатель организационной мобильности, свидетельствуя о способности предприятия к адаптации в условиях изменения внешней среды, характеризует мобильность организационной структуры, адаптационные возможности элементов организации. Показатель устойчивости малого бизнеса характеризуется, по мнению автора [5] коэффициентом текущей ликвидности, коэффициентом обеспеченности собственными средствами, коэффициентом автономии. Инновационную активность предприятия предлагается рассматривать как показатель соотношения числа внедренных инновационных проектов в отчетном и базисном периодах. Положительная динамика показателей экономической устойчивости характеризует процесс устойчивого развития исследуемого предприятия [5].

Среди рассматриваемых методик оценки устойчивого развития особое место занимают методы, основанные на построении интегрального показателя, предполагающего оценку состояния исследуемой системы (в качестве которой в рамках данной статьи рассматривается автотранспортное предприятие) по различным аспектам производственно-хозяйственной деятельности. Однако при использовании такого подхода возникает определенная трудность, связанная с расчетом индексов и определением весов рассматриваемых показателей. Так, перевод оценок по исследуемым показателям в индексы предполагает выбор эталонного (базового)



значения, с которым и соотносится фактическое значение по каждому из исследуемых показателей. И, очевидно, что определение отраслевых эталонных значений представляется возможным далеко не по всем группам показателей. Например, при оценке показателей, характеризующих финансовое состояние предприятия (коэффициент автономии, коэффициент покрытия и др.), целесообразно ориентироваться на рекомендуемые соответствующими методиками значения. По технико-эксплуатационным, социальным, рыночным и ряду других групп показателей ситуация складывается иная, требующая учета особенностей функционирования конкретного предприятия. В указанных случаях в качестве базовых можно принять среднеотраслевые значения оцениваемых показателей, значения показателей, характеризующего деятельность предприятия – лидера на рынке (сегменте), значения показателей исследуемого предприятия за прошлые (благоприятные) периоды времени. Определение весовых коэффициентов, как правило, основывается на субъективных оценках, что в итоге оказывает влияние на искомый интегральный показатель.

Отмечается, что показатели, используемые для оценки устойчивости предприятия, должны отвечать следующим требованиям: экономическая обоснованность и объективность; возможность формализации; конкретность толкования полученных результатов и др. [6]. Применение для оценки устойчивого развития предприятия метода расчета интегрального показателя на основе средневзвешенной суммы критериев (ранговых свойств) рыночной устойчивости предприятия представляется соответствующим вышеуказанным требованиям.

Применение метода построения интегрального показателя ранговых свойств предполагает выполнение следующей последовательности действий.

1. Исходные данные по предприятию представляются в виде набора векторов  $A_i$ :  $A_i = (a_{i1}, \dots, a_{iN_i})$ , где  $i$  – номер группы показателей ( $i=1, I$ );  $N_i$  – число анализируемых показателей в  $i$ -й группе.

2. В качестве нормативных значений показателей ( $b_j$ ) предлагается принять

лучшие значения для исследуемой совокупности предприятий или среднее значение показателя по исследуемому предприятию за предыдущие периоды времени -  $T$  лет. Число  $T$  определяется динамичностью макроэкономической среды и для транспортных предприятий может быть принятым в интервале 5-8 лет.

3. Стандартизация показателей в группах осуществляется по формулам:

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{b_{ij}}, \quad (2)$$

$$a'_{ij} = \frac{b_{ij}}{a_{ij}}, \quad j = \overline{1, N_i}. \quad (3)$$

Формула (2) применяется для показателей, рост которых приводит к увеличению интегрального показателя, формула 3 – применяется в противном случае.

4. Интегральный показатель устойчивости определяется по формуле:

$$ИП = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{N_i} a_i \cdot \beta_{ij} \cdot a'_{ij}, \quad (4)$$

где  $a_i$  – коэффициент значимости показателей  $i$ -й группы;  $\beta_{ij}$  – коэффициент значимости  $j$ -го показателя в  $j$ -й группе [6].

С целью интерпретации полученных результатов следует установить соответствующие интервалы, позволяющие осуществить оценку устойчивости предприятия. Для определения соответствующих интервалов значений интегрального показателя предполагается использование экспертных оценок. Положительная динамика интегрального показателя устойчивости за анализируемый период позволяет сделать вывод об устойчивом развитии исследуемого предприятия.

В процессе оценки устойчивости и устойчивого развития грузового автотранспортного предприятия предлагается использовать следующие группы показателей: экономические, финансовые, социальные, технико-эксплуатационные, организационные, инвестиционные, рыночные, экологические и инновационные (таблица 1).

## ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Таблица 1 – Показатели, рекомендуемые для оценки устойчивости и устойчивого развития грузового автотранспортного предприятия

Группа показателей	Показатели	Формула расчета (*)
Экономические	Производительность труда	$ПТ = \frac{B}{ССЧ}$
	Коэффициент износа транспортных средств	$K_{изн} = \frac{A_{оф}}{C_{оф}}$
	Себестоимость перевозок	$C_{\phi} = \frac{3}{L(Q_m)}$
	Темп изменения выручки за период (с учетом сезонности)	$T = \frac{B_{\phi}}{B_{\phi}} \cdot 100\%$
Финансовые	Рентабельность перевозок	$P_{пер} = \frac{\Pi_{пер}}{3} \cdot 100\%$
	Рентабельность продаж	$P_n = \frac{\Pi_{пер}}{B_{пер}} \cdot 100\%$
	Коэффициент покрытия	$K_{покp} = \frac{A_{об}}{\Pi_{тек}}$
	Коэффициент автономии	$K_{ав} = \frac{K_{соб}}{K}$
Социальные	Уровень удовлетворенности условиями труда (определяется по результатам анонимного опроса сотрудников)	$Y_{уд} = \frac{\chi_{уд.у.м.}}{ССЧ}$
Технико-эксплуатационные	Коэффициент выпуска на линию	$\alpha_{\phi} = \frac{АД_p}{АД_c}$
	Коэффициент технической готовности парка транспортных средств	$\alpha_{м.г.} = \frac{АД_{м.г.}}{АД_c}$
Инвестиционные	Коэффициент обновления основных производственных фондов	$K_{об} = \frac{C_{ввод}}{C_{б.к.}}$
Организационные	Уровень административной нагрузки	$АН = \frac{\chi_{р.с.}}{\chi_{роп}}$
Рыночные	Доля постоянных клиентов (имидж предприятия)	$K_{им} = \frac{\chi_{пост}}{\chi_{кл}}$
Экологические	«Экологическая» структура парка транспортных средств	$y_{a}^{евро} = \frac{A_{евро}^н}{A_c}$
Инновационные	Квалификационный уровень персонала	$Y_{кв} = \frac{\chi_{соотв.}}{\chi_p}$
	Число рационализаторских предложений (новаций), приходящееся на одного сотрудника за период	$Y_{рац.пр.} = \frac{\chi_{рац.пр.}}{ССЧ}$
	Доля сотрудников, прошедших обучение или повышение квалификации за период	$Y_{об./п.кв.} = \frac{\chi_{об./п.кв.}}{ССЧ}$

\*пояснения к приведенным формулам представлены в таблице 2.

## ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Таблица 2 – Обозначения показателей, используемых для оценки устойчивости грузового автотранспортного предприятия

$V_{(ф/б)}$	Выручка предприятия за анализируемый период (базовое/ фактическое значение), руб.
$V_{пер}$	Выручка, полученная предприятием за анализируемый период от перевозочной деятельности, руб.
$ССЧ$	Среднесписочная численность персонала предприятия за анализируемый период, чел.
$Z$	Затраты на выполнение перевозок за анализируемый период, руб.
$L$	Пробег (оплаченный) за анализируемый период
$Q_m$	Объем выполненных перевозок за анализируемый период, тыс.т.
$П_{пер}$	Прибыль предприятия от выполнения перевозок за анализируемый период, руб.
$A_{об}$	Текущие активы предприятия, руб.
$П_{тек}$	Текущие обязательства предприятия, руб.
$K_{соб}$	Величина собственного капитала предприятия, руб.
$K$	Общая сумма капитала предприятия, руб.
$A_{оф}$	Сумма начисленной амортизации за анализируемый период, руб.
$C_{оф}^б$	Балансовая стоимость основных фондов, руб.
$Ч_{р}^{уд.у.т.}$	Число работников предприятия, удовлетворенных условиями труда, чел.
$АДр$	Произведение числа автомобилей, выпущенных на линию, на число дней работы в году
$АД_{м.г.}$	Произведение числа автомобилей, находящихся в технически исправном состоянии на число дней работы в году
$АДс$	Произведение числа автомобилей на число календарных дней в году
$Сввед$	Стоимость введенных в эксплуатацию основных производственных фондов, руб.
$Сб.к.$	Стоимость основных производственных фондов на конец анализируемого периода, руб.
$Чр.с.$	Численность руководителей и специалистов, чел.
$Чроп$	Численность работников, непосредственно участвующих в производстве (водители, ремонтные рабочие, обслуживающий персонал)
$A_{евро}^н$	Численность автомобилей, соответствующих действующим экологическим стандартам (требованиям), ед.
$Ч_{рац.пр.}$	Число рационализаторских предложений, сделанных персоналом предприятия за анализируемый период, ед.
$Ч_{об.п.кв.}$	Число работников, участвующих в программах обучения и повышения квалификации за анализируемый период, чел.
$Ч_{соотв.}^р$	Численность работников, имеющих уровень квалификации, соответствующий требованиям занимаемой должности, чел.

Представляется необходимым отметить особенности применения некоторых из предлагаемых показателей. Например, по данным исследований Е. С. Кузнецова и В. Г. Дажина у автомобиля, выработавшего свой ресурс или срок службы (для грузовых автомобилей этот срок составляет порядка 6-9 лет), на 40 % и более возрастает расход запасных частей и на 10-25 % расход горючесмазочных материалов [7]. Таким образом, рациональное управление возрастной структурой парка (коэффициент износа транспортных средств) позволяет улучшить значения показателей таких групп

как технико-эксплуатационные, экономические, экологические, рыночные и социальные. Хотя при инвестировании значительных средств в обновление парка подвижного состава значительно повышается вероятность ухудшения на определенный период показателей финансового характера.

Следует отметить, что ряд показателей, в основном, относящиеся к группе «финансовые» (коэффициент покрытия, коэффициент автономии) имеют рекомендованные нормативные значения, которых следует придерживаться в процессе их оценки. Значения же таких показателей как

уровень административной нагрузки, коэффициент обновления основных фондов производственного назначения, коэффициент выпуска, рентабельность перевозок, соотношение постоянных и разовых клиентов, структура персонала по уровню образования и квалификации и ряда других, во многом определяются особенностями функционирования конкретного предприятия (рыночные условия, стратегия и миссия предприятия и др.). Поэтому при оценке этих показателей представляется целесообразным использовать экспертные оценки, данные, полученные с помощью такого метода как бенчмаркинг, и др. Кроме того, в случае наличия на предприятии статистики по исследуемым показателям можно провести анализ с целью выявления тех значений, при которых предприятие

характеризовалось устойчивым состоянием и принять эти значения за нормативные (рекомендуемые).

Следуя вышеприведенной методике, получив экспертные оценки значимости рассматриваемых показателей, а также рассчитав индексы по каждому из них, получаем интегральный показатель, характеризующий потенциал предприятия с точки зрения возможности обеспечения его устойчивого развития.

В таблице 3 приведены расчеты, выполненные на основе эмпирических данных, полученных в результате проведенного интервью с руководителем автотранспортного предприятия, относящегося к субъектам малого предпринимательства.

Таблица 3 – Пример определения интегрального показателя устойчивого развития автотранспортного предприятия

Показатель	Значение		Индекс	Значимость	Итоговое значение
	Рекомендуемое	Фактическое			
производительность труда	1356873	1256364	0,92	0,4	0,37
коэффициент износа транспортных средств	0,2	0,43	0,47	0,2	0,09
себестоимость перевозок	30	31,5	0,95	0,3	0,29
темп изменения выручки	120	107	0,89	0,1	0,09
				0,2	0,83
					0,17
рентабельность перевозок	22	13	0,59	0,4	0,24
рентабельность продаж	18	11	0,61	0,2	0,12
коэффициент покрытия	0,7	0,58	0,83	0,2	0,17
коэффициент автономии	0,5	0,44	0,88	0,2	0,18
				0,2	0,70
					0,14
уровень удовлетворенности условиями труда	100	78	0,78	0,1	0,08
коэффициент выпуска	0,99	0,9	0,91	0,5	0,45
коэффициент технической готовности	0,95	0,9	0,95	0,5	0,47
				0,1	0,93
					0,09
коэффициент обновления основных производственных фондов	0,1	0,2	2,00	0,1	0,20
уровень административной нагрузки	0,35	0,46	0,76	0,05	0,04
доля постоянных клиентов	0,7	0,24	0,34	0,1	0,03
«экологическая» структура парка транспортных средств	1	0,7	0,70	0,05	0,04

Продолжение таблицы 3

квалификационный уровень персонала	1	1	1,00	0,4	0,40
число рационализаторских предложений	6	3	0,50	0,3	0,15
Доля сотрудников, прошедших обучение и повышение квалификации	0,5	0,1	0,20	0,3	0,06
				0,1	0,61
					0,06
					<b>0,82</b>

При использовании предложенной методики определенные трудности могут возникнуть на этапе интерпретации полученного значения интегрального показателя. Что считать нормой? При каком значении интегрального показателя можно говорить о ситуации, соответствующей состоянию устойчивого развития предприятия?

В процессе оценки полученного в результате расчетов интегрального показателя предлагается исходить из того утверждения, что в идеальном случае ИП = 1 (все исследуемые показатели соответствуют нормативным или рекомендуемым значениям). Поэтому в рассматриваемом примере (таблица 3) можно сделать вывод о том, что условия устойчивого развития транспортного предприятия выполняются на 82 %, что в целом позволяет судить об устойчивости и возможности устойчивого развития предприятия в случае выявления положительной динамики исследуемого показателя.

Относительно «проблемных» моментов в применении данной методики также следует отметить расстановку весовых коэффициентов по группам рассматриваемых показателей – это, как правило, экспертные оценки. Для снижения субъективности оценок рекомендуется привлекать к выполнению данной работы группу экспертов, имеющих опыт руководящей работы в отрасли. При корректном подборе экспертов весовые коэффициенты будут отражать особенности текущей ситуации в отрасли, отражая актуальность и проблематичность тех или иных аспектов деятельности предприятия. Так, например, в случае дефицита предложения на отраслевом рынке социальные и инвестиционные показатели, вероятно, получат более высокий коэффициент значимости. В условиях ужесточения требований экологического характера к деятельности предприятия на первый план могут выйти показатели соответствующей группы и т.д.

### **Заключение**

Процесс управления объектом предполагает реализацию функции оценки. Применительно к управлению устойчивым развитием предприятия предлагается использовать метод построения интегрального показателя ранговых свойств. Использование данного метода позволяет учесть в процессе оценки отраслевую специфику деятельности предприятия, а также эмпирические и теоретические знания экспертов. Проявление недостатков, присущих методу, может быть снижено с помощью усреднения мнений экспертов и использования информации, полученной посредством обработки статистических данных по отрасли. Полученные результаты необходимы для принятия своевременных управленческих решений, направленных на обеспечение устойчивого развития исследуемого предприятия.

### **Библиографический список**

1. Ильичев, А. В. Устойчивое развитие и безопасность сложных систем / А. В. Ильичев. – М.: Вычислительный центр РАН, 2001 – 190 с.
2. Лушпинин, К. В. Управление устойчивым развитием малых предприятий в системе их стратегического взаимодействия с органами власти, коммерческими и некоммерческими организациями / К. В. Лушпинин. - Саратов: ПАГС, 2007. - 28 с.
3. Павлишин, С. Г. О необходимости управления возрастной структурой парка АТС, АТП, 4 / С. Г. Павлишин, А. А. Деменок // Автотранспортное предприятие. – 2012. - № 4. С. 39 - 44.
4. Пискунов, Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисления для вузов, т. 2: Учебное пособие для вузов. - 13-е изд. - М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985. - 560 с.
5. Покровский, А. К. Исследование систем управления (транспортная отрасль): учебное пособие / А. К. Покровский. – М.: КНОРУС, 2010. – 360 с.
6. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. - М.: Наука, 2000. – 560 с.

7. Халиков, М. А. Рыночная устойчивость, экономическая безопасность и инновационная стратегия предприятия в условиях трансформируемой экономики / М. А. Халиков, Д. А. Максимов // Менеджмент в России и за рубежом. - 2009. - № 2. - С. 16 - 21.

### THE QUESTION ASSESSMENT METHODS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEM (FOR EXAMPLE THE TRANSPORT INDUSTRY)

E. V. Tabachnikova

**Abstract.** This article is devoted to the one of the key problems solving in the frames of management process – assessment of the control object's state. The purpose of the article – to provide a description of the developed methodology for assessing the sustainable development of a cargo motor transport enterprise on the basis of constructing integral index. The sectoral peculiarities of assessment of transport enterprises' sustainability are emphasized in the proposed methodology. In the frames of the article there are presented results of the conducted analysis of methodological approaches to the solving identified problem, calculations made on the basis of empirical data, deficiencies of the method used are identified. The author of this article believes that conducting assessment using the proposed method allows obtaining the information needed to make opportune managerial decisions aimed at ensuring sustainable development of an enterprise.

**Keywords:** sustainable development, sustainability, assessment methods, integrated indicator, expert assessments.

### References

1. Ilichev A. V. *Ustojchivoe razvitie i bezopasnost' slozhnyh sistem* [Sustainable development and safety of complicated systems]. Vychislitel'nyj centr RAN, Moscow 2001, 190 p.
2. Lushpinin K. V. *Upravlenie ustojchivym razvitiem malyh predpriyatij v sisteme ih strategicheskogo vzaimodejstviya s organami vlasti, kommercheskimi i nekommercheskimi organizacijami*

[Management of sustainable development of small enterprises in system of their strategic interaction with authorities, commercial and non-profit organizations]. Saratov, PAGES, 2007, 28 p.

3. Pavlishin S. G., Demenok A. A. О neobhodimosti upravlenija vozrastnoj strukturoj parka ATS [On necessity of management of age structure of automatic telephone station's park]. *ATP*, 2012, no 4, pp. 39 - 44.

4. Piskunov N. S. *Differencial'noe i integral'noe ischislenija dlja vtuzov, t. 2: Uchebnoe posobie dlja vtuzov* [Differential and integrated calculations for technical universities] 13-e izd. Moscow, Nauka, Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury, 1985, 560 p.

5. Pokrovskij A. K. *Issledovanie sistem upravlenija (transportnaja otrasl'): uchebnoe posobie* [Research of control systems (transport sector): manual]. Moscow, KNORUS, 2010, 360 p.

6. *Upravlenie riskom: Risk. Ustojchivoe razvitie. Sinergetika* [Risk management: Risk. Sustainable development. Synergetics]. Moscow, Nauka, 2000, p. 560.

7. Halikov M. A., Maksimov D. A. Rynoch'naja ustojchivost', jekonomicheskaja bezopasnost' i innovacionnaja strategija predpriyatija v uslovijah transformiruemoj jekonomiki [Market reliability, economic security and innovative strategy of an enterprise in the conditions of transformed economy]. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*, no 2, 2009, pp. 16 - 21.

Табачникова Екатерина Викторовна (Россия, г. Санкт – Петербург) – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономика и менеджмент на транспорте Санкт-Петербургского государственного экономического университета. (191002, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Садовая, д.21, е – mail: tabachnikova\_eka@mail.ru)

Tabachnikova E. V. (Russian Federation, St. Petersburg) - associate professor Saint-Petersburg State University of Economics (191002, Russia, St. Petersburg, Sadovaya st. 21 e – mail: tabachnikova\_eka@mail.ru)

## РАЗДЕЛ VI

# ВУЗОВСКОЕ И ПОСЛЕВУЗОВСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

УДК 378.147.88

### РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К РАЗРАБОТКЕ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНО – МЕТОДИЧЕСКИХ ПОСОБИЙ ПО МАТЕМАТИКЕ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ

И. В. Бабичева<sup>1</sup>, Т. Е. Болдовская<sup>2</sup>, Н. С. Горбоносова<sup>1</sup>, Л. А. Усольцева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Омский автобронетанковый инженерный институт филиал военной академии материально-технического обеспечения, Россия, Омск,

<sup>2</sup>Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, Омск.

**Аннотация.** В статье рассмотрена реализация комплексного подхода к разработке содержания учебно-методических материалов по математике для технических вузов. Анализ проведен на примере содержания пособия по математической статистике. Подробно рассмотрена структура пособия, методическое наполнение каждого блока. Обоснована целесообразность выбора форм трансформации учебного материала (схемы, рисунки, таблицы, тестовые задания, расчетно-графические работы). Уделено значительное внимание использованию тестовых технологий. Даны рекомендации по отбору и структурированию содержания учебной дисциплины в соответствии с требованиями комплексного подхода.

**Ключевые слова:** комплексный подход, математическая статистика, тестовые технологии, технический вуз, учебное пособие.

#### Введение

Важную роль в эффективной организации процесса обучения в техническом вузе играет содержание его учебно-методического обеспечения. Анализ литературы по вопросам реализации комплексного подхода показал, что данный подход требует от преподавателя:

- охвата всех узловых вопросов учебного материала программы, при котором изучение каждого вопроса обеспечивается необходимым минимумом учебной, учебно-методической литературы и средств обучения;
- применения современных средств обучения;
- отбора и структурирования содержания в соответствии со спецификой используемых средств обучения;
- реализации всех функций процесса обучения: образовательной, воспитательной, развивающей;
- обеспечения прикладной направленности содержания.

Как отмечает Б. Б. Айсмонтас, «комплексное обеспечение учебного процесса сегодня является не вопросом моды, а острой необходимостью. Это один из важнейших путей повышения качества

образования в высшей школе. С одной стороны, комплексный подход к отбору содержания дидактических материалов помогает преподавателю более четко структурировать материал, накопленный по тому или иному разделу в той или иной форме за время преподавания. С другой стороны, способствует формированию целостной «картины» по учебной дисциплине у обучаемого. Ведь современный специалист должен обладать целостным взглядом на свою профессиональную деятельность» [1]. Обучение студентов будет результативно, если при организации обучения будут учитываться все компоненты и типы структуры их математических способностей [9].

Разрабатываемые по учебным дисциплинам дидактические комплексы должны «представлять интегрированную и взаимодополняющую систему учебно-методических материалов, основанных на сочетании электронных образовательных ресурсов и традиционных печатных изданий и включать, комплекс задач, имеющих практико-ориентированную направленность на профессиональную информационно-аналитическую деятельность инженера» [10].

Проведенный анализ учебной и учебно-методической литературы по математике

показал явный дефицит учебных пособий теоретического и практического характера, в которых был бы реализован комплексный подход к отбору содержания в полной мере.

В рамках прописанного выше комплексного подхода нами проведена работа по разработке содержания учебного пособия по разделу «Математическая статистика». Выбор именно этого раздела высшей математики был обусловлен тем, что материал данной дисциплины широко востребован циклами как обще-профессиональных, так и специальных дисциплин. Раздел содержит очень много понятий, обучение и контроль усвоения которых легко и эффективно реализуется посредством тестовых технологий (ТТ).

О преимуществах ТТ в рамках комплексного подхода к обучению издано достаточно учебно-методической литературы. В частности, Л.М. Бухман выделяет следующие преимущества педагогического тестирования перед традиционными методами педагогического контроля в вузе [4]:

1) возможность повышения объективности контроля, исключение влияния на оценку таких побочных факторов, как личность преподавателя и самого обучающегося, их взаимоотношения;

2) оценка, получаемая с помощью теста, более дифференцирована;

3) тестирование обладает более высокой эффективностью, чем традиционные методы контроля; его можно одновременно проводить как в группе, так и на курсе или факультете;

4) показатели педагогических тестов ориентированы на измерение усвоения ключевых

понятий, тем, элементов учебной программы, а не конкретной совокупности знаний;

5) педагогические тесты обычно компактны; как правило, легко поддаются автоматизации и могут быть использованы в среде компьютерных (автоматизированных) обучающих систем.

**Реализация комплексного подхода на примере методического наполнения учебного пособия по разделу Математическая статистика»**

В рамках комплексного подхода предлагаем к рассмотрению следующую структуру подачи учебного материала: кодификатор, справочный материал, рабочая тетрадь с печатной основой, задания в тестовой форме для самопроверки, ответы к тестовым заданиям, расчетно-графические работы, библиографический список, приложения и предметный указатель.

Для обеспечения целостной структуры пособия в его начало вынесен кодификатор, который составлен в соответствии с учебной программой по математике и содержит перечень контролируемых учебных элементов по разделу «Математическая статистика». В нем отражены требования к знаниям и умениям студента, приобретенные в результате освоения данного раздела. Ниже приведен фрагмент кодификатора по теме «Элементы теории оценивания» (таблица 1). Содержание кодификатора разработано на базе кодификатора элементов содержания дисциплины «Математика» цикла общих математических и естественнонаучных дисциплин высшего профессионального образования.

Таблица 1 – Кодификатор по теме «Элементы теории оценивания»

Контролируемое содержание дисциплины		Перечень контролируемых учебных элементов, которые студент должен знать и уметь
Код элемента содержания	Элементы содержания дисциплины (темы)	
1	2	3
<b>2. Элементы теории оценивания</b>		
2.1	Точечные оценки математического ожидания	<b>знать:</b> определения точечных оценок для математического ожидания; <b>уметь:</b> вычислять несмещенную оценку математического ожидания и дисперсии
2.2	Точечные оценки дисперсии	<b>знать:</b> определения точечной оценки для дисперсии; <b>уметь:</b> вычислять смещенную и несмещенную оценку дисперсии
2.3	Точечные оценки параметров распределения	<b>знать:</b> метод моментов для определения точечных оценок параметров распределения; <b>уметь:</b> вычислять оценки параметров распределения
2.4	Интервальные оценки параметров распределения	<b>знать:</b> определение интервальной оценки параметров распределения; <b>уметь:</b> использовать определение интервальной оценки для записи доверительного интервала



Включение предлагаемого нами кодификатора в структуру пособия позволяет комплексно решать следующие задачи:

- согласовывать составляющие кодификатора с учебной программой и тестовыми заданиями пособия;
- обеспечивать удобный формат использования учебного пособия, как студентами, так и преподавателями в учебном процессе;
- согласовывать оценки качества обучения;
- стандартизировать знания по всем темам раздела;
- систематизировать обучающемуся знания по разделу: вспомнить основные законы и формулы, правила, алгоритмы решения несложных заданий.

Теоретическую часть раздела «Математическая статистика» предлагаем оформить в виде справочника, содержащего

таблицы, схемы, рисунки. «Такое наглядное преобразование учебного текста активизирует мышление обучаемого, так как ведущее звено мыслительной деятельности при этом составляет анализ через синтез. Эта операция составляет основу более глубокого усвоения и понимания учебного материала путем его знакового моделирования. Структурирование и схематизация текстовой информации являются важнейшими компонентами мнемического действия, составляющего основу процесса запоминания» [1]. Как свидетельствует наш опыт, справочники по математике [2], в которых информация представлена в структурно-логической форме, выступают эффективным средством организации и активизации самостоятельной работы обучаемых. Пример такой схемы приведен на рисунке .1.

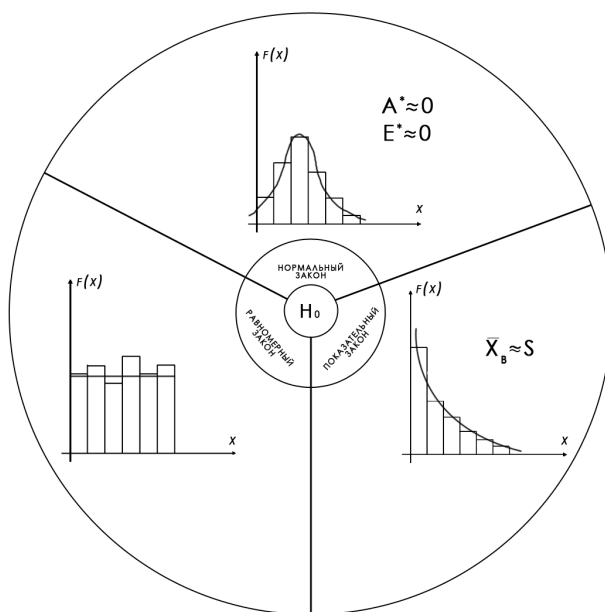


Рис.1. Схема выдвижения гипотезы о законе распределения генеральной совокупности

Следует подчеркнуть, что наше пособие рекомендовано студентам в качестве дополнительной литературы по математической статистике. Дело в том, что данная форма представления информации имеет ряд недостатков. «Во-первых, любой схематизм способствует некоторой упрощенности понимания чего-либо. Это может создать впечатление учащихся, что для изучения предмета вполне достаточно изображаемого материала. Во-вторых, абсолютизация учебных пособий, построенных по принципу логико-структурного моделирования, может негативно повлиять

на формирование профессионального мышления и языка. В-третьих, отдельные части материала могут «не поддаваться» структуризации, что затрудняет разработку целостного учебного материала с помощью схем, рисунков, таблиц» [1]. Данные недостатки могут быть нивелированы при комплексном подходе к содержанию учебной дисциплины, т.е. при оптимальном сочетании способов представления информации: текстовой и структурно-логической. Поэтому первоначальное ознакомление с учебным материалом по математической статистике рекомендуется студентам проводить на базе

лекционного материала, в котором превалирует линейно-текстовый способ подачи материала. Предлагаемое нами пособие рекомендуем использовать на этапах систематизации знаний, закрепления знаний, умений и навыков.

В теоретическом блоке ко всем элементам знаний прилагаем включить задания в тестовой форме с решениями. В таблице 2 приведен фрагмент такой подачи учебного материала.

Таблица 2 – Интервальные оценки параметров распределения

Код элемента	Определение элемента содержания	Задание
2.4	Доверительный интервал для оцениваемого параметра $\theta$ выбирается из условия: $P\{\theta \in (\theta^* - \varepsilon, \theta^* + \varepsilon)\} = \gamma$	Интервальная оценка математического ожидания нормально распределенного количественного признака $X$ имеет вид $(a; 24,5)$ . Если выборочная средняя равна $\bar{x}_g = 22,3$ , то значение $a$ равно... <b>Решение.</b> Так как интервал симметричен относительно $\bar{x}_g$ , то значение точности оценки $\varepsilon = 24,5 - 22,3 = 2,2$ , искомое значение $a = 22,3 - 2,2 = 20,1$

Подача информации по математической статистике в таком виде позволяет студенту:

- наглядно увидеть связь теоретического и практического материала;
- подготовиться к тестовому контролю по всем элементам знаний;
- ориентироваться в многообразном материале по данному разделу.

Следующий раздел учебного пособия – рабочая тетрадь с печатной основой. В последнее время такие тетради по различным учебным дисциплинам хорошо себя зарекомендовали в учебном процессе. Как отмечает в своей статье О.Е. Данилов «актуальность использования рабочей тетради при обучении заключается в оптимальном сочетании информационного содержания тетради с возможностью выявления направления движения мыслительной деятельности учащихся при их работе с ней» [7]. Содержание таких тетрадей может охватывать как теоретический, так и практический материал. Задача студентов при работе с тетрадью – правильно вписать недостающие в предложениях слова, фразы, формулы, довести начатое решение до конца. Оптимальное время их использования – этап систематизации теоретических знаний, этап накопления первоначальных знаний, умений и навыков. В связи с этим, предлагаемую нами рабочую тетрадь рекомендуем использовать в учебном процессе после того, как студент ознакомится с содержанием лекций, справочным материалом пособия. Предварительный анализ предлагаемых таблиц, схем, рисунков

должен значительно упростить процесс выполнения теоретических заданий. Разбор решения тестовых заданий и присутствие подсказок-ориентиров позволит ему успешно справляться с практическими задачами. Таким образом, предлагаемая тетрадь с печатной основой позволяет не только формировать системные знания у обучающихся, но и создавать условия для индивидуального обучения студента. Со стороны преподавателя она обеспечивает контроль уровня усвоения знаний, умений и навыков, наиболее полно реализует требования федеральных стандартов к подготовке будущих инженеров.

Следующая часть пособия представлена заданиями в тестовой форме для самопроверки. Они построены по принципу программированной проверки знаний по всем темам раздела «Математическая статистика». Тестовые задания пособия представлены следующими типами:

- ВО – задания с выбором одного правильного ответа из нескольких предложенных;
- МВ – задания с выбором нескольких правильных ответов из предложенных;
- УП – задания на установление правильной последовательности;
- УС – задания на установление соответствия двух списков;
- КО – задания с кратким ответом (в виде целого числа).

Представленная типология тестовых заданий позволяет преподавателю выбирать задания в соответствии с целями обучения.

Так, на первоначальном этапе обучения могут быть выбраны задания ВО с альтернативным ответом, МВ, УП. На заключительном этапе контроля полученных знаний, умений и навыков предпочтительны задания типов КО, УС. Ко всем тестовым заданиям в пособии приводятся ответы.

Таким образом, предлагаемые тестовые задания для самопроверки дают возможность и преподавателю и самому студенту проводить мониторинг качества знаний, а именно:

- проверить, насколько полно усвоен изучаемый материал;
- выявить проблемы, возникающие при усвоении материала;
- определить вопросы, требующие более пристального внимания;
- получить объективные оценки уровня знаний, умений и навыков.

Тестовые задания с предлагаемым кодификатором несложно реализовать в оболочке SunRav TestOfficePro, MOODLE [5], [11]. Также нами были учтены методико-технологические аспекты использования возможностей данных программных продуктов [3], [6],[8],[12].

Предлагаем использовать два режима работы тестовых оболочек:

- учебный режим обучения;
- режим контроля знаний.

Учебный режим дает возможность студенту проверить правильность полученного решения задания сразу же после выполнения. В случае неправильного ответа решить пример заново. Попытки можно повторять до тех пор, пока не будет получен правильный ответ. Студент имеет возможность приостанавливать выполнение заданий, сохранять результаты и возвращаться к ним в удобное для него время.

В режиме контроля знаний формируется группа тестовых заданий, решение которых поможет и студенту и преподавателю объективно оценить уровень полученных знаний, умений и навыков. Автоматически выставляется оценка и выводится результат правильных ответов в баллах. Показатели оценки результатов обучения позволяют сделать выводы об уровне обученности каждого отдельного студента и дать ему рекомендации для дальнейшего успешного продвижения в обучении.

Студент имеет возможность переключать режимы обучения, возвращаться к повторному прохождению заданий по тому или иному разделу.

Таким образом, использование тестовой оболочки, например, MOODLE или SunRav TestOfficePro, позволяет эффективно решать разнообразные учебные задачи:

- делает процесс обучения для студента интересным, занимательным;
- облегчает преподавателю преодоление трудностей в обучении, а студенту в усвоении учебного материала;
- усиливает привлекательность подачи материала;
- осуществляется четкая дифференциация видов заданий;
- имеет место разнообразие форм обратной связи;
- разноплановость предлагаемых тестовых заданий обеспечивает качественное обучение;
- объективно диагностируются и оцениваются интеллектуальные возможности обучаемых, также уровень их знаний, умений, навыков, уровень подготовки к конкретному элементу знаний;
- происходит управление учебной деятельностью обучаемых адекватно интеллектуальному уровню конкретного учащегося, уровню его знаний, умений, навыков, особенностям его мотивации с учетом реализуемых методов и используемых средств обучения;
- создаются условия для осуществления индивидуальной самостоятельной учебной деятельности обучаемых, формируются навыки самообучения, саморазвития, самосовершенствования, самообразования, самореализации.

Пособие содержит три расчетно-графические работы по математической статистике:

- «Проверка статистической гипотезы о законе распределения нагрузки узла на отказ по критерию Пирсона»;
- «Исследование регрессионной зависимости силы тока от напряжения при заданном сопротивлении по методу наименьших квадратов»;
- «Исследование корреляционной зависимости интенсивности движения от скорости автомобилей».

Индивидуальные задания для предлагаемого исследования имеют ярко выраженную прикладную направленность. Ко всем работам предлагаются образцы для выполнения, что позволяет преподавателю комплексно решать ряд учебных задач:

- показать на примере образца структуру любой научно-исследовательской работы;

– обратить внимание студента на необходимый объем и содержание теоретического материала для проводимого исследования;

– значительно упростить студенту выполнение практической части исследования;

– научить грамотно формулировать выводы.

Данные умения и навыки пригодятся в полной мере студентам на старших курсах при выполнении исследовательских работ по другим циклам дисциплин. Традиционно пособие завершает библиографический список. Как справочный материал в приложения вынесены значения функции Гаусса, Лапласа, квантили распределения Стюдента и  $\chi^2$ -распределения. Предметный указатель включен с целью систематизации теоретического материала, облегчения поиска нужных понятий математической статистики.

#### Заключение

Готовность специалиста к успешной профессиональной деятельности в современном обществе определяется объективной потребностью использования компетентностного подхода в образовательных программах новой модели подготовки специалиста, содержащихся в требованиях модернизации российского образования. Достижение этой цели невозможно без совершенствования учебных и учебно-методических пособий.

Безусловно, предлагаемое нами пособие есть лишь часть электронного учебника по математической статистике. Предлагаемые материалы требуют дальнейшего совершенствования и развития. Но уже сейчас, как показывает опыт работы, предлагаемые материалы позволяют комплексно решать многие учебные задачи, повышая тем самым качество обучения.

#### Библиографический список

1. Айсмонтас, Б. Б. О комплексном научно-методическом обеспечении учебной дисциплины (на примере «Педагогической психологии») [Электронный ресурс] / Б. Б. Айсмонтас // Психология и педагогика. – 2002. – № 5. Режим доступа: <http://www.childpsy.ru/lib/articles/id/9587.php>

2. Бабичева, И. В. Справочник по математике (в формулах, таблицах, рисунках): учебное пособие / И. В. Бабичева, Т. Е. Болдовская. – 2-е изд., испр. и доп. – Омск: СибАДИ, 2010. – 148 с.

3. Бабичева, И. В. Методика использования тренинговых тестовых технологий в среде

MOODLE / И. В. Бабичева, Т. Е. Болдовская // Вестник СибАДИ. – 2014. – №3(36). – С.147 - 151.

4. Бухман Л. М. Проблемы тестового контроля знаний и их решение / Л. М. Бухман // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – № 5 - 1. – Т.12. – С.21 - 24.

5. Галузо, И. В. Методика реализации обучающей функции тестов в среде MOODLE / И. В. Галузо, В. В. Небышинец, П. А. Сташулёнок // Современное образование Витебщины. - 2013.- № 1. - С. 76 – 80.

6. Галюкшов, Б. С. Элементы теории вероятностей и математической статистики с применением MATHCAD: учебное пособие / Б. С. Галюкшов, В. А. Далингер, С. Д. Симонженков. – Омск: Изд-во ГОУ ОмГПУ, 2009. – 142 с.

7. Данилов, О. Е. Печатная рабочая тетрадь для обучаемого как часть учебно-методического комплекса дисциплины / О. Е. Данилов // Молодой ученый. – 2013. – №4. – С. 552 - 555.

8. Коровин, С. Д. Методико-технологические аспекты критериально-ориентированной диагностики на основе компьютерного тестирования / С. Д. Коровин, И. А. Абрамова, О. М. Самохвалова // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2012. – № 5. – С.16-21.

9. Костина, Е. А. Модель математических способностей инженера и ее формирование в процессе обучения высшей математике / Е. А. Костина // Молодой ученый. – 2010. – № 1 - 2 (13). – Т.2. – С. 292 – 295.

10. Омельченко В. И. Развитие информационно-аналитической компетентности будущего офицера-инженера в условиях смешанного обучения информатике : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / В. И. Омельченко; науч. рук. проф. Лапчик М. П.; ОмГПУ – Челябинск, 2011. - 26 с.

11. Сайт разработчиков MOODLE [Электронный ресурс] / Free Software Foundation. Inc. – Режим доступа: <http://moodle.org>. (Дата обращения: 15.09.2014.)

12. Усольцева, Л. А. Электронное информационное обеспечение самостоятельной подготовки курсантов / Л. А. Усольцева, М. В. Мендзив // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – N 27. – № 4. – С. 80 - 84.

#### REALIZATION OF A COMPLEX APPROACH TO DEVELOPMENT OF THE CONTENT OF MANUAL ON MATHEMATICS FOR TECHNICAL UNIVERSITIES

I. V. Babicheva, T. E. Boldovskaya,  
N. S. Gorbonosova, L.A. Usolceva

**Abstract.** The article describes the realization of a complex approach to the development of a content of teaching materials on mathematics for technical colleges. The analysis was implemented on an example of the content of the manual “Mathematical statistics. Controlling materials to testing” elaborated by the article’s authors. The structure of the manual and methodological content of each block is examined. The expediency of selecting forms of

transformation of educational material (diagrams, drawings, tables, tests, calculation and graphic works) is justified. A considerable attention is given to the use of test technologies. The recommendations for the selection and structuring the content of an academic discipline in accordance with the requirements of the complex approach are provided.

**Keywords:** complex approach, mathematical statistics, test technologies, technical university, textbook (manual).

### References

1. Ajsmontas, B. B. O kompleksnom nauchno-metodicheskom obespechenii uchebnoj discipliny [On complex scientific and methodological support of an academic discipline]. *Psihologija i pedagogika. Mezhdunarodnyj sbornik nauchnyh trudov*, 2002, no. 5. Available at: <http://www.childpsy.ru/lib/articles/id/9587.php>
2. Babicheva I. V., Boldovskaja T. E. *Spravochnik po matematike (v formulah, tablicah, risunkah): uchebnoe posobie* [Handbook on mathematics (in formulas, tables, figures): textbook]. Omsk: SibADI, 2010, 148 p.
3. Babicheva I. V., Boldovskaja T. E. Metodika ispol'zovanija treningovyh testovyh tehnologij v srede MOODLE [Methodology of using training test technologies in the MOODLE medium]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 3(36), pp. 147 - 151.
4. Buhman L. M. Problemy testovogo kontrolja znanij i ih reshenie [Problems of testing knowledges and their solutions ] *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, 2010, no 5 - 1. T.12, pp. 21 - 24.
5. Galuzo I. V., Nebyshinec V. V., Stashuljonok P. A. Metodika realizacii obuchajushhej funkcii testov v srede MOODLE [Methodology of realization of tests' training function in the MOODLE medium]. *Sovremennoe obrazovanie Vitebshhiny*, 2013, no 1, pp. 76 - 80.
6. Galjukshov B.S., Dalinger V. A., Simonzhenkov S. D. *Jelementy teorii verojatnostej i matematicheskoj statistiki s primeneniem MATHCAD: uchebnoe posobie* [Elements of the probability theory and mathematical statistics using MATHCAD: textbook]. Omsk, Izd-vo GOU OmGPU, 2009, 142 p.
7. Danilov O. E. Pечатnaja rabochaja tetrad' dlja obuchaemogo kak chast' uchebno-metodicheskogo kompleksa discipliny [Printed workbook for a student as part of the educational and methodical complex of a discipline]. *Molodoj uchenyj*, 2013, no 4, pp. 552 - 555.
8. Korovin S. D., Abramova I. A., Samohvalova O. M. Metodiko-tehnologicheskie aspekty kriterial'no-orientirovannoj diagnostiki na osnove komp'juternogo testirovanija [Methodological and technological aspects of the criterion-oriented diagnostic on the basis of computer testing]. *Distancionnoe i virtual'noe obuchenie*, 2012. no 5, pp.16 - 21.
9. Kostina E. A. Model' matematicheskikh sposobnostej inzhenera i ee formirovanie v processe obuchenija vysshej matematike [Model of mathematical

abilities of an engineer and its formation in the process of learning higher mathematics]. *Molodoj uchenyj*, 2010, no 1 - 2 (13), T.2, pp. 292 -295.

10. Omel'chenko V. I. *Razvitie informacionno-analiticheskoy kompetentnosti budushhego oficera-inzhenera v uslovijah smeshannogo obuchenija informatike*. Avtoref. dis. kand. ped. nauk [Development of information-analytical competence of a prospective engineer-officer in the conditions of mixed learning informatics]. Cheljabinsk, 2011. 26 p.

11. *Sajt razrabotchikov MOODLE* [The Site of MOODLE's creators]. Available at: <http://moodle.org>. (accessed 15.09.2014.)

12. Usol'ceva L. A. Mendziv M. V. Jelektronnoe informacionnoe obespechenie samostojatel'noj podgotovki kursantov [Electronic information sustainment training of cadets]. *Sbornik nauchnyh trudov Sworld*, 2013, no 27, pp. 80 - 84.

*Бабичева Ирина Владимировна (Россия, Омск) – кандидат педагогических наук, доцент Омского автобронетанкового инженерного института филиал военной академии материально-технического обеспечения. (644098, Россия, г. Омск, 14 Военный городок, e-mail: ivbabicheva@mail.ru)*

*Болдовская Татьяна Ерофеевна (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент, кафедры «Высшая математика» Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ) (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: teb73@mail.ru)*

*Горбонослова Наталья Сергеевна Россия, Омск) – аспирант, преподаватель кафедры физико-математических дисциплин Омского автобронетанкового инженерного института филиал военной академии материально-технического обеспечения. (644098, Россия, г. Омск, 14 Военный городок, e-mail: gorbonosova.n@mail.ru)*

*Усольцева Лариса Александровна (Россия, Омск) – кандидат педагогических наук, доцент кафедры физико-математических дисциплин Омского автобронетанкового инженерного института филиал военной академии материально-технического обеспечения. (644098, Россия, г. Омск, 14 Военный городок, e-mail: Larisa\_us66@mail.ru)*

*Babicheva I. V. (Russian Federation, Omsk) – candidate of Pedagogical science, assistant professor Omsk Tank-Automotive Engineering Institute, a branch of the military academy Logistics, Department engines. (644098, Omsk, 14 Town, e-mail: ivbabicheva@mail.ru)*

*Boldovskaya T. E. (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, assistant professor Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira, 5, department, e-mail: teb73@mail.ru)*

Gorbonosova N. S. (Omsk, Russian Federation) – candidate of Pedagogical science, assistant professor Omsk Tank-Automotive Engineering Institute, a branch of the military academy Logistics, Department engines. (644098, Russia, Omsk, 14 Town, e-mail: gorbonosova.n@mail.ru)

Usolceva L. A. (Omsk, Russian Federation) – candidate of Pedagogical science, assistant professor Omsk Tank-Automotive Engineering Institute, a branch of the military academy Logistics, Department engines. (644098, Russia, Omsk, 14 Town, e-mail: Larisa\_us66@mail.ru)

УДК 378.147.227

### МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ КУРСАНТОВ ВЫСШИХ ТЕХНИЧЕСКИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Е. С. Терещенко, Д. Ю. Фадеев, Д. В. Шабалин

Омский автобронетанковый инженерный институт филиал военной академии материально-технического обеспечения, Россия, Омск

**Аннотация.** В данной статье рассмотрена алгоритмическая методика применения диагностических алгоритмов поиска неисправностей силовых установок гусеничных и колёсных машин, с учётом типологии личности курсанта, и определяются её положительные стороны в учебном процессе на кафедре двигателей Омского автобронетанкового инженерного института. Показано, что применение диагностических алгоритмов позволяет всем курсантам, независимо от их творческих способностей, добиваться успеха в обнаружении неисправностей силовых установок гусеничных и колёсных машин при использовании алгоритмов, и тем самым это способствует более качественному усвоению учебного материала с целью становления высококвалифицированным специалистом с учётом будущей профессиональной сферы деятельности.

**Ключевые слова:** высшая военная школа, методический аспект, курсант, диагностический алгоритм, поиск неисправностей, силовые установки.

#### Введение

В настоящее время перед высшей военной школой выдвинут и поставлен ряд новых актуальных задач. Одной из них является подготовка специалистов, обладающих современной культурой научного мышления, умеющих достаточно быстро и умело ориентироваться в огромном потоке информации, способных к постоянному профессиональному самообновлению и самосовершенствованию [2, 3]. Но в то же время сохраняется актуальность совершенствования практических навыков специалистов как массовых, так и определённых профессий, к которым относятся выпускники военных институтов и академий. Особое значение имеет совершенствование обучения курсантов методам обнаружения и устранения неисправностей силовых установок гусеничных и колёсных машин. Указанная деятельность обучаемых сочетает как практическую деятельность, так и решение сопутствующих творческих задач, и должна строиться с учётом типологических особенностей обучаемых.

#### Методика диагностических алгоритмов поиска неисправностей

Рассмотрим практические пути повышения эффективности обучения курсантов на примере применения обнаружения и устранения неисправностей силовых установок гусеничных и колёсных машин.

В выборе критериев типологии личности курсанта военная педагогика указывает на наличие определённой специфики. В частности, указывается на необходимость ввести следующие дополнительные критерии: интеллектуальная активность, гибкость мышления, особую чувствительность к определённому кругу проблем, умение оригинально, нестандартно, с перспективой и учётом конкретных условий решать выдвинутые проблемы, высокие аналогические способности, высокую самоорганизацию и большую работоспособность [2].

В итоге предлагается выделить три главных типа личности курсантов, в основе различия которых находится уровень сформированности творческого стиля

мышления: творческий, репродуктивно-активный и репродуктивно-пассивный тип.

Результаты исследований указывают, что к творческому типу относится около 17 % из числа обследуемых курсантов. У этой категории курсантов, в основном, наблюдались признаки продуктивного и творческого мышления на различных занятиях по изучению силовых установок гусеничных и колёсных машин. К репродуктивно-активному типу было отнесено 63 %. Эти курсанты отличались заметной активностью и наличием элементов творческого мышления. И в основном, своей задачей в образовательном процессе они видели запоминание учебного материала, их учебная деятельность носила репродуктивный характер, в основном без серьёзного анализа полученного материала. К третьему типу – репродуктивно-пассивному – было отнесено около 20 %. Курсанты данного типа вследствие самых различных причин, служебных и личных, не проявляли

особую активность, старание в учёбе, довольствовались лишь минимальным количеством прочитанной, прослушанной информацией, даваемой в основном на плановых занятиях [3].

В таблице 1 приведены результаты исследований учебной ориентации 120 курсантов, одного из факультетов Омского автобронетанкового инженерного института [3].

Исследование подтвердило, что плодотворность учёбы курсантов факультета, стиль их творческой деятельности во многом определяются познавательной-устойчивой мотивацией. Достаточно высокий эмоциональный тонус познавательной деятельности, несущий в себе интеллектуальное удовлетворение при решении трудных и сложных задач, при осознании своей силы, при открытии нового, делает сам процесс обучения благоприятным и радостным, создаёт ориентацию на максимальный результат.

Таблица 1 – характеристика учебной ориентации курсантов

Группы слушателей	Виды учебной ориентации			
	Знать всё и как можно больше. Читаю и изучаю многие материалы, выходящие за рамки учебных программ	Все предметы важны и нужны, чтобы стать хорошим специалистом. Стараюсь изучать материал в рамках учебных программ	Все предметы важны и нужны, но не хватает времени, стараюсь глубоко изучить наиболее важные	Программы не учитывают мои возможности и способности, изучаю, что успеваю
Творческий тип	19	1	-	-
Репродуктивно-активный тип	2	69	5	-
Репродуктивно-пассивный тип	-	6	8	8

Такие широкие отличия типологических особенностей курсантов, связанные с различиями творческих способностей и особенно мотивов поведения, указывают на необходимость совершенствования методики их обучения. Особенно актуально это при обучении курсантов методам обнаружения и устранения неисправностей силовых установок гусеничных и колёсных машин, которые пригодятся для их будущей профессиональной деятельности.

Так же не менее важно при дифференцированном подходе к обучению разных групп курсантов учитывать влияние на

данный процесс различной организации учебного материала.

Как показывают исследования, обучающиеся с высоким уровнем интеллектуального развития в равной степени справляются с изучением как неорганизованного, так и организованного материала. Курсанты с низким и средним интеллектуальным развитием неорганизованный материал изучают более сложно. Результаты исследований свидетельствуют, что организованный материал усваивается примерно в два раза быстрее, чем материал частично организованный. Организация содержания

материала влияет не только на продолжительность обучения, но также на объём материала, причём чем выше степень организации материала и сильнее связь между элементами содержания, тем шире объём усвоенного содержания [3].

В формировании творческого мышления особое место принадлежит проблемной методике обучения. Исследования показали, что проблемное обучение позволяет более качественно реализовать обучающие, воспитывающие и развивающие функции в процессе подготовки специалистов в высшей военной школе. Но просто постановка и разрешение проблем, как это осуществляется большинством преподавателей, не даёт одинаковый эффект для различных групп курсантов. Если проблемные задачи высокого уровня трудности, то они доступны только для восприятия наиболее подготовленными курсантами; если же задачи по уровню трудности рассчитаны на более слабых, то они уже не выступают сложными и проблемными для первых курсантов [3].

Положения военной психологии указывают, что важны знания, которые составляют ориентировочную основу для решения практических задач. Выделяется три типа ориентировочной основы, соответствующие определённым типам обучения. Первый – показ действия методом проб и ошибок, который достаточно медленный и малоэффективный. При втором типе обучающиеся вооружаются знаниями о совокупности всех операций в их взаимосвязи. Основа даётся в виде алгоритма, обучение при этом идёт более эффективно и быстрее. Оно обеспечивает достаточную подготовку к исполнительской деятельности, но не всегда способствует развитию творческих способностей личности. Отличительная черта третьего типа – это вооружение обучающихся общими подходами к изучаемым системам и процессам. Частные алгоритмы даются не в готовом виде, а выводятся самими обучающимися под руководством преподавателя. Обучение идёт вначале медленно и сложно, затем становится более производительным и эффективным. И оно в наибольшей степени способствует развитию творческих способностей курсантов на всём периоде обучения. Третий тип обучения был положен в разработку ориентировочной основы для решения рассматриваемой задачи. Указанное позволяет в полной мере реализовать сформулированный принцип повышения

эффективности обучения, так как даёт возможность сочетать алгоритмический подход с возможностью учёта творческих способностей курсантов [1, 2].

В многочисленных источниках технической литературы по эксплуатации гусеничных и колёсных машин имеются разделы, посвящённые возможным неисправностям силовых установок, методам их обнаружения и устранения [4, 6, 7, 8]. Изложение этих вопросов обычно сводится к наименованию неисправности, её внешним признакам и простому перечислению без всякой логической последовательности и взаимосвязи возможных причин и способов устранения.

Список возможных признаков, причин и способов обнаружения является плохим путеводителем в поиске неисправностей, особенно для молодого специалиста. Эти сведения воспринимаются как информация и не дают логических путей поиска неисправностей. При обнаружении неисправностей этим методом специалист должен представлять весь объём возможных причин их возникновения, и не имея достаточного опыта и интуиции, а особенно в экстремальных условиях, он не может быстро и эффективно устранить неисправность.

На кафедре двигателей Омского автобронетанкового инженерного института рассматривался подход на принципе оптимальной диагностической целесообразности [3]. Это принцип выделения минимального количества решающих признаков, наличие которых необходимо для распознавания причин, приводящих к одинаковой неисправности. На основании этого принципа разрабатывается диагностический алгоритм – точное общепонятное предписание о поэтапном выполнении в определённой последовательности элементарных умственных операций и действий, для установления и устранения причин, вызывающих конкретную неисправность. В основе алгоритма лежит поэтапный поиск неисправностей путём исключения причин, которые не характерны по обнаруженным признакам для конкретной неисправности. Данный поэтапный поиск называется методом дифференциальной диагностики [1, 3].

Практика применения алгоритмического подхода по обнаружению неисправностей силовых установок показывает его перспективность и достаточную эффективность [3]. Однако из-за своей сложности структура рассмотренных алгоритмов не всегда понятна



курсантам, и нуждается в дальнейшем совершенствовании.

Следовательно, при разработке алгоритмов необходимо учитывать квалификацию и психологические особенности курсантов, а также особенности эксплуатации гусеничных и колёсных машин, в частности:

- наличие экстремальных климатических условий;
- возможность быстрого ввода в действие силовых установок гусеничных и колёсных машин после длительного хранения;
- периодичность технического обслуживания;
- наличие диагностических приборов и стендов.

При составлении алгоритмов необходимо стремиться к последовательному исключению причин неисправностей от простых к сложным, с учётом конкретных условий эксплуатации силовых установок. Последовательность поиска причин неисправностей должна исключать лишние перемещения и действия специалиста. Алгоритм должен составляться с учётом требований соответствующих государственных стандартов и рекомендаций инженерной и профессиональной психологии [3].

Составление диагностического алгоритма является сложной задачей, требующей изучения опыта и обобщения всех вероятных причин, распределения их по сложности и вероятности появления, сопоставления с внешними признаками, исключения лишних перемещений и разборочно-сборочных работ, определения возможности, времени и

характера применения соответствующих диагностических средств. Главным условием успешной работы с диагностическими алгоритмами является точный и конкретный ответ на поставленный вопрос. Без полной уверенности в ответе или без выполнения соответствующей проверки возможно движение по ложному пути.

Рассмотренные выше типологические особенности курсантов, учёт положений инженерной психологии и накопленный опыт обучения позволили установить рациональные пути применения методики обнаружения неисправностей на основе диагностических алгоритмов. Обучение курсантов состоит из двух этапов: групповых и практических занятий.

При подготовке к групповому занятию курсанты выполняют индивидуальное задание по составлению алгоритма обнаружения конкретной неисправности. Это обеспечивает самостоятельную и эффективное выяснение основных причин неисправностей, признаков, способов устранения и логических связей между ними. На групповом занятии курсанты обсуждают разработанные алгоритмы и сравнивают их с эталонными, подготовленными и опробованными на кафедре.

Для сравнительной оценки качества диагностики при традиционном и алгоритмическом подходах группе курсантов предлагались диагностические задачи. Результаты сравнения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты сравнения качества диагностики

Испытуемые	Число ответов	Методика	Оценки определения неисправности		
			Правильно, полно	Правильно, неполно	Ошибочно
Курсанты 3-го курса	40	Традиционная	8	15	17
		Алгоритмическая	29	11	-

Важно отметить повышение активности курсантов на подобных занятиях, которых можно отнести к репродуктивно-активному и особенно к репродуктивно-пассивному типу. Это связано с конкретизацией получаемых курсантами знаний, их последовательностью и логичностью. Творческая обстановка подобных занятий способствует свободному изложению мнений и их обсуждению.

На втором этапе освоения методики – практических занятиях – группа курсантов делится на примерно одинаковые по составу и квалификации группы по 3-4 человека и работают на двигателях силовых установок с

введёнными неисправностями, широко распространёнными на практике. Курсанты, работая по диагностическим алгоритмам, выполняют все необходимые операции по обнаружению и устранению причин неисправностей. Опыт проведения таких занятий показывает, что проходят они в обстановке творчества, с интересом и в духе соревнования. Учитывая реальный характер работы, как и на групповом занятии, активизируются курсанты, которые обычно проявляют пассивность в получении знаний [3].

Проведённые эксперименты показали, что при традиционном подходе, то есть при

отсутствии алгоритмического подхода, курсанты 3-го курса, изучившие устройство, теорию и конструкцию двигателей силовых установок и имеющие достаточные практические навыки по выполнению разборочно-сборочных и регулировочных работ [4, 6, 7, 8], затрудняются в обнаружении неисправности типа «Двигатель не пускается» в течении 1-3 часов, в зависимости от сложности причины и уровня собственных знаний. При использовании диагностического алгоритма, те же курсанты обнаруживают причину неисправности за 20-40 минут также в зависимости от сложности причин, однако в значительно меньшей степени от уровня первоначальных собственных знаний [3].

#### Заключение

В результате мы пришли к выводу, что опыт применения рассмотренной алгоритмической методики обучения курсантов, основанной на использовании диагностических алгоритмов, указывает на её высокую эффективность. Курсанты со слабо выраженным типом личности, проявляющие пассивность в получении знаний, независимо от своего творческого потенциала, действуя строго по алгоритму и выполняя последовательно операции, способны обнаружить причины неисправностей силовых установок гусеничных и колёсных машин. В то же время курсанты творческого, а также репродуктивно-активного типов, действуя по алгоритму, могут не выполнять отдельные операции, прогнозируя по внешним признакам их результат, и могут определить неисправность силовых установок значительно быстрее.

Таким образом, применение диагностических алгоритмов позволяет всем курсантам, независимо от их творческих способностей, добиться успеха в обнаружении неисправностей силовых установок гусеничных и колёсных машин и тем самым способствует более качественному усвоению учебного материала с целью становления высококвалифицированным специалистом с учётом будущей профессиональной сферы деятельности.

#### Библиографический список

1. Ахутин, В. М. Инженерная психология в военном деле / В. М. Ахутин, Г. М. Заракровский. – М.: Воениздат, 1993. – 224 с.
2. Герасимов, В. Н. Педагогика высшей военной школы. учебник / В. Н. Герасимов. – М.: ВУ, 2001. – 175 с.
3. Использование диагностических алгоритмов обнаружения неисправностей силовых установок:

отчет о НИР / ОТИИ, филиал ВУНЦ ОВА ВС РФ; рук. В. И. Денисенко; исполн.: Е. С. Терещенко. – Омск: ОТИИ, 2011. – 65 с. – Библиогр.: с. 55-59. – Инв. № 345.

4. Катунский, А. М. Неисправности и повреждения гусеничных машин / А. М. Катунский. – М.: Воениздат, 1996. – 236 с.

5. Котик, М. А. Курс инженерной психологии / М. А. Котик. – Таллин: Валгус, 1978. – 364 с.

6. Кузнецов, Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для ВУЗов / Е. С. Кузнецов, В. П. Воронов, А. П. Болдин – М.: Транспорт, 1991. – 413 с.

7. Медведков, В. И. Автомобили КамАЗ-5320, КамАЗ-4310, Урал-4320: учеб. пособие / В. И. Медведков, С. Т. Билык, Г. А. Гришин – М.: ДОСААФ, 1997. – 372 с.

8. Прокопенко, Н. И. Танк Т-90С. Силовая установка / Н. И. Прокопенко, В. И. Денисенко, В. П. Спиридонов, В. В. Андрющенко. – Омск: ОТИИ, 2008. – 724 с.

#### METHODICAL ASPECTS OF APPLYING DIAGNOSTIC ALGORITHMS OF FAULT LOOKUP AT TEACHING STUDENTS OF HIGHER TECHNICAL EDUCATIONAL INSTITUTIONS

E. S. Tereshchenko, D. Y. Fadeev,  
D. V. Shabalin

**Abstract.** This article describes the algorithmic method of applying diagnostic algorithms of fault lookup of power plants of tracked and wheeled vehicles, considering typology of a student's personality, its positive aspects are determined in educational process at the department "Engines" of Omsk Institute of engineering and tank automotive technique. The application of diagnostic algorithms allows all students, regardless of their creative abilities, to succeed in fault lookup of power plants of tracked and wheeled vehicles using algorithms, so it contributes to more qualitative learning of educational material to become a highly qualified specialist in a future professional area.

**Keywords:** the higher military school, algorithmic method for teaching students, student, diagnostic algorithm, fault lookup, power plants.

#### References

1. Ahutin V. M., Zarakovskij G. M. *Inzhenernaja psihologija v voennom dele* [Engineering psychology in the military science]. Moscow, Voениzdat, 1993, 224 p.
2. Gerasimov V. N. *Pedagogika vysshej voennoj shkoly. Uchebnik* [Pedagogy of a higher military school. Textbook]. Moscow, VU, 2001, 175 p.
3. *Ispol'zovanie diagnosticheskikh algoritmov obnaruzhenija neispravnostej silovyh ustanovok: otchet o NIR* [Use of diagnostic algorithms for detecting faults of power plants: report on a research project]. OTII, filial VUNC OVA VS RF; ruk. V. I. Denisenko; ispoln.: E. S. Tereshhenko. Omsk, OTII, 2011, 65 p.

4. Katunskij A. M. *Neispravnosti i povrezhdenija gusenichnyh mashin* [Faults and disturbances of tracked vehicles]. Moscow, Voenizdat, 1996, 236 p.

5. Kotik M. A. *Kurs inzhenernoj psihologii* [Course of engineering psychology]. Tallin, Valgus, 1978, 364 p.

6. Kuznecov E.S., Voronov V. P., Boldin A. P. *Tehnicheskaja jekspluacija avtomobilej: Uchebnik dlja vuzov* [Technical operation of automobiles: Textbook for universities]. Moscow, Transport, 1991, 413 p.

7. Medvedkov V. I., Bilyk S. T., Grishin G. A. *Avtomobili KamAZ-5320, KamAZ-4310, Ural-4320: ucheb. posobie* [KAMAZ -5320, KamAZ - 4310, Ural-4320: textbook]. Moscow, DOSAAF, 1997, 372 p.

8. Prokopenko N. I., Denisenko V. Spiridonov V. P., Andrjushhenko V. V. *Tank T-90S. Silovaja ustanovka* [T - 90C tank. Power plant]. Omsk, OTIL, 2008, 724 p.

*Терещенко Евгений Сергеевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры двигателей Омского автобронетанкового инженерного института. (644098, Россия, г. Омск, 14 Военный городок, e-mail: tesa1978@mail.ru)*

*Фадеев Дмитрий Юрьевич (Россия, Омск) - кандидат технических наук, доцент кафедры ремонта БТ и АТ Омского автобронетанкового*

*инженерного института. (644098, Россия, г. Омск, 14 Военный городок, e-mail: dima11780@inbox.ru)*

*Шабалин Денис Викторович (Россия, Омск) – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры двигателей Омского автобронетанкового инженерного института. (644098, Россия, г. Омск, 14 Военный городок, e-mail: shabalin\_d79@mail.ru)*

*Tereshchenko E. S. (Omsk, Russian Federation) – candidate of technical science, assistant professor Omsk Tank-Automotive Engineering Institute, a branch of the military academy Logistics, Department engines. (644098, Russia, Omsk, 14 Town, e-mail: tesa1978@mail.ru)*

*Fadeev D. Y. (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, assistant professor Omsk Tank-Automotive Engineering Institute, a branch of the military academy Logistics, Department engines. (644098, Russia, Omsk, 14 Town, e-mail: dima11780@inbox.ru)*

*Shabalin D. V. (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, assistant professor Omsk Tank-Automotive Engineering Institute, a branch of the military academy Logistics, Department engines. (644098, Russia, Omsk, 14 Town, e-mail: shabalin\_d79@mail.ru)*

## 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; Вузовское и послевузовское образование; Экология и эргономика.**

Рукопись должна быть оригинальной, не опубликованной ранее в других печатных изданиях, написана в контексте современной литературы, обладать новизной. Опубликованные материалы, а также рукописи, находящиеся на рассмотрении в других изданиях, к рассмотрению не принимаются. Редакция принимает на себя обязательство ограничить круг лиц, имеющих доступ к присланной в редакцию рукописи, сотрудниками редакции, членами редколлегии, а также рецензентами данной работы.

### **Редколлегия рекомендует авторам:**

- в рукописи должна содержаться постановка **научной задачи (проблемы)**, быть определено место полученных результатов среди научных публикаций по данной проблематике, описание применяемого научного аппарата, библиографические ссылки и выводы исследования;

- излагать материал так, чтобы в нем было разделение на пункты: введение, постановка задачи, метод и построение решения, результаты (анализ), примеры, заключение (выводы). Например, возможна следующая структура статьи:

Аннотация

Ключевые слова

Рекомендуемая структура содержания рукописи:

1. Введение

2. Основная часть (Подзаголовок)

3. Заключение или Выводы

Библиографический список

Аннотация на английском языке (**Abstract**)

Ключевые слова на английском языке (**Keywords**)

Библиографический список на латинице (**References**)

Информация об авторах (на русском / английском языке) Места работы всех авторов, их должности и контактная информация (если есть электронные адреса, обязательно указать их).

### **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;

- материалы для размещения в базе данных **РИНЦ;**

- **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).

### **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.

**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. Через строку помещается текст аннотации на русском языке, ещё через строку – ключевые слова.

**Аннотация** (не менее 500 символов). 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.

**Ключевые слова:** помещаются после слов **ключевые слова** (размер шрифта 10 пт), (двоеточие) и должны содержать не более 5 семантических единиц.

**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.

**Библиографический список.** В тексте должны содержаться ссылки на источники информации. Печатается по центру заглавие «Библиографический список» (размер шрифта 9 пт) и через строку помещается пронумерованный перечень источников в порядке ссылок по тексту в соответствии с действующим ГОСТом к библиографическому описанию. В одном пункте перечня следует указывать только один источник информации.

**Формулы** необходимо набирать в редакторе формул *Microsoft Equation*. Перенос формул допускаются на знаках «плюс» и «минус», реже – на знаке «умножение». Эти знаки повторяются в начале и в конце переноса. Формулы следует нумеровать (нумерация сквозная по всей работе арабскими цифрами). Номер формулы заключают в круглые скобки у правого края страницы.

**Рисунки, схемы и графики** предоставляются в электронном виде включенными в текст, в стандартных графических форматах с обязательной подрисуночной подписью, и отдельными файлами с расширением (**JPEG, GIF, BMP**). Должны быть пронумерованы (Таблица 1 – Заголовок, Рис. 1. Наименование), озаглавлены (таблицы должны иметь заглавие, выравнивание по левому краю, а иллюстрации – подрисуночные подписи, выравнивание по центру). В основном тексте должны содержаться лишь ссылки на них: **на рисунке 1.....**,

**Рисунки и фотографии** должны быть ясными и четкими, с хорошо проработанными деталями с учетом последующего уменьшения. При представлении цветных рисунков автор должен предварительно проверить их качество при использовании черно-белой печати.

**Таблицы** предоставляются в редакторе Word.

Отсканированные версии рисунков, схем, таблиц и формул не допускаются.

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.*

Небольшие исправления стилистического и формального характера вносятся в статью 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» - Юренко 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>