

ISSN 2071-7296



СИБАДИ®

ВЕСТНИК

СИБАДИ



№ 4 (50)/2016

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

ВЕСТНИК СибАДИ

Выпуск 4 (50)

Омск
2016

Главный редактор **Кирничный В.Ю.**, д-р экон. наук, доц., и.о. ректора ФГБОУ ВО «СибАДИ»
Зам. главного редактора **Бирюков В.В.**, д-р экон. наук, проф., проректор по НИР ФГБОУ ВО «СибАДИ»

Редакционная коллегия:

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

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

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

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

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

Карл – Хейнц Ленц, д-р инженер, Германия, Bundesanstalt für Straßenwesen (Karl – Heinz Lenz, President and professor D., Prof. e. h. mult. Dr-Ing, Bundesanstalt für, Germany).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Members of the editorial board:

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

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

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

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

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

Karl – Heinz Lenz, President and professor a. D., Prof. e. h. mult. Dr-Ing, Bundesanstalt für, Germany.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

e-mail: Vestnik_Sibadi@sibadi.org

Учредитель ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Адрес учредителя: 644080, г. Омск, просп. Мира, 5.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-50593 от 11 июля 2012 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ» входит в **перечень ведущих периодических изданий рекомендованных ВАК** решением президиума ВАК от 25.02.2011 г.; с 01.12. 2015 г. включен в новый список в соответствии с требованиями приказа Минобрнауки России от 25 июля 2014 г. № 793. С 2009 года представлен в Научной Электронной Библиотеке [elIBRARY.RU](http://elibrary.ru) и включен в **Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)**. Входит в международный каталог **Ulrich's International Periodicals Directory**. **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** М.С. Мороз

Подписано в печать 15.09.2016 г. Дата выхода в свет 30.09.2016. Формат 60×84 ½. Гарнитура Arial

Печать оперативная. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 12,85. Тираж 500 экз. Заказ _____

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии ИПЦ ФГБОУ ВО СибАДИ 644080, г. Омск, пр. Мира, 5

Печать статей произведена с оригиналов, подготовленных авторами

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

А.И. Винник, Н.Г. Макаренко, А.А. Шаргаев Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта бронетанкового вооружения и техники	7
В.В. Дубков, А.М. Базинская Определение параметров осцилляторно-вибрационного катка	13
С.Н. Жеребцов, Е.А. Чернышов, А.А. Александров, В.И. Гурдин Повышение эффективности воздействия модификаторов при электрошлаковом кокильном литье жаропрочных никелевых сплавов в транспортном машиностроении	18
Р.А. Кабашев, С.Дж. Тургумбаев Экспериментальные исследования процесса копания грунтов роторно-дисковыми рабочими органами под гидростатическим давлением	23
В.В. Михеев, С.В. Савельев Моделирование характеристик деформируемых грунтов в процессе их уплотнения цилиндрическими рабочими органами катков	29
Ю.П. Сыстеров, В.В. Евстифеев, А.В. Евстифеев Перспективные конструкционные материалы и технологии в автотранспортном машиностроении	36
Я.В. Ярмович Обоснование ресурса смазочного материала дробильно-размольного оборудования	43

РАЗДЕЛ II ТРАНСПОРТ

В.В. Васильев, М.Ю. Манзин Методика оценки информативности маршрута движения	48
С.В. Витолин Значение длины очереди автомобилей перед светофорным объектом и современные подходы к ее оценке	53
Р.А. Дидиков Метод определения составляющих баланса мощности механизма распределения мощности в трансмиссии автомобиля	59
О.Л. Маломыжев, А.Г. Семенов, В.В. Скутельник Дегазация рабочей жидкости гидравлического амортизатора	65
Н.Г. Певнев, А.В. Залознов Соответствие методики государственных испытаний трехкомпонентных нейтрализаторов выхлопных газов реальным условиям эксплуатации	70
П.А. Сенькин Методика моделирования движения гусеничной машины с различными уровнями номинальной мощности	77
О.Ю. Смирнова, К.К. Стоян Определение доминантных факторов сохранности груза на автомобильном транспорте	81
Л.С. Трофимова, В.В. Анохин Применение оптимизационных задач в планировании работы грузового автотранспортного предприятия	89

РАЗДЕЛ III СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

А.Ю. Баженова, А.В. Смирнов Состояние проблемы учета динамических процессов в расчетах дорожных одежд автомобильных дорог на прочность	96
--	----

Т.В. Боброва, Р.Ф. Салихов, М.Г. Груснев Управление структурой комплектов машин при строительстве земляного полотна на переходящих объектах	102
Ю.В. Краснощеков, С.О. Мельникова Применение схемы гибкой нити для расчета перекрытий при аварийном отказе колонны	109
А.Ф. Косач, М.А. Ращупкина, И.Н. Кузнецова Влияние наноразмерного модификатора на основе зол гидроудаления Омской ТЭЦ на свойства цементного камня	114
Г.М. Левашов, В.В. Сиротюк, О.А. Рычкова Влияние условного показателя деформативности геосинтетического материала на расчет усиления дискретных оснований	121
К.Н. Полещенко, Д.Н. Коротаев, Е.Е. Тарасов Структурно-морфологические особенности наноструктурных топокомполитных покрытий триботехнического назначения	126

РАЗДЕЛ IV ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

С.А. Зырянова, О.А. Филимонова Разработка базы данных для автоматизации контроля, установки и обслуживания дорожных знаков	133
В.В. Савинкин, В.Н. Кузнецова Распределения мощности силовой установки и гидропровода в технологическом процессе копания одноковшового экскаватора	139

РАЗДЕЛ V ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

В.Е. Калугин Совершенствование оценки качества оказания государственных услуг	145
А.Е. Миллер, А.А. Миллер Механизм повышения налоговых поступлений в региональные бюджеты посредством развития рынка ценных бумаг	151
Е.В. Романенко, В.В. Бирюков Предпринимательство и механизмы дифференциации размеров успешной деятельности предпринимательских фирм	157
Б.Г. Хаиров, С.М. Хаирова Развитие механизма управления финансовыми потоками промышленного предприятия	165
Н.Н. Чепелева Практические аспекты определения ключевых компетенций грузовых автотранспортных предприятий	174
А.И. Чумаков, И.Н. Горелова Определение квалификационного потенциала трудовых ресурсов торгового предприятия	180

НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ

М.В. Исаенко, Е.В. Андреева Основатель научной школы дорожников в СибАДИ	188
--	-----

CONTENTS

PART I TRANSPORT, MINING AND MECHANICAL ENGINEERING

A.I. Vinnik, N.G. Makarenko, A.A. Shargayev Analysis of systems of maintenance and repair of btvt and suggestions for improvement of the accepted system	7
V.V. Dubkov, A.M. Bazinskaya The definition of the parameters oscillatore-vibration rollers	13
S.N. Zherebtsov, E.A. Chernyshov, A.A. Aleksandrov, V.I. Gurdin Improving the efficiency of impact modifiers at electroslag chill casting nikilevyh heat-resistant alloys the transport engineering	18
R.A. Kabashev, S.Zh.Turgumbaev Experimental research of the process of digging soil rotary-disk working bodies under hydrostatic pressure	23
V.V. Mikheyev, S.V. Saveliev Modeling of properties of deformable soil media during compaction by cylindrical roller drums	29
Y.P. Systerov, V.V. Evstifeev, A.V. Evstifeev Advanced construction materials and technologies of motor engineering	36
Y.V. Yarmovich Mean life of the oil in the crushing and milling equipment	43

PART II TRANSPORT

V.V. Vasil'ev, M. Yu. Manzin Estimation technique of information content of the traffic route	48
S. V. Vitolin The significance of the vehicle queue lenght in front of signalized object and modern approaches of its estimation	53
R.A. Didikov Methods of power balance equitation components definition for the power distribution mechanism in the vehicle transmission	59
O.L. Malomyzhev, A.G. Semenov, V.V. Skutelinik Degassing the working fluid of the hydraulic shock absorber	65
N.G. Pevnev, A.V. Zaloznov Conformity of state tests of a three-way catalytic converters exhaust gases with real conditions	70
P.A. Senkin Modeling technique of moving a track vehicle with various nominal rating power levels	77
O.Yu. Smirnova, K.K. Stoyan Determining the dominant factors of cargo safety on motortransport	81
L.S. Trofimova, V.V. Anokhin The application of the optimization tasks in the annual work planning of a freight motor transport enterprise	89

PART III CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

A.Y. Bazhenova, A.V. Smirnov The current state of considering dynamic processes in calculations of motor road pavement strength	96
T.V. Bobrova, R.F. Salikhov, M.G. Grusnev Management structure with the machine under construction subgrade at passing objects	102
Yu.V. Krasnoshchekov, S.O. Melnikova Application scheme for calculation flexible string overlap for crash columns	109

A.F. Kosach, M.A. Raschupkina, I.N. Kuznetsova	
Influence of the nanodimensional modifier on the basis of the evils of hydroremoval of Omsk combined heat and power plant on properties of the cement stone	114
G.M. Levashov, V.V. Sirotuk, O.A. Rychkov	
The impact of conditional indicator of the deformability of the geosynthetic material on the calculation of the gain discrete grounds	121
K.N. Poleshchenko, D.N. Korotaev, E.E. Tarasov	
Structural-morphological features of nanostructural topokompozitny coverings of tribotechnical appointment	126

PART IV COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

S.A. Zyryanova, O.A. Filimonova	
Development of a database for the automated control, installation and maintenance of road signs	133
V.V. Savinkin, B.H. Kuznetsova	
Distributions of power of the power plant of the hydraulic actuator in technological process of digging odnokovshovy excavator	139

PART V ECONOMICS

V.E. Kalugin	
Improving the quality assessment of state services	145
A.E. Miller, A.A. Miller	
Formulation of a mechanism to increase tax revenues in regional budgets through the development of the securities market	151
E.V. Romanenko, V.V. Biryukov	
Entrepreneurship and mechanisms of the sizes differentiation of the successful activities of entrepreneurial firms	157
B.G. Khairov, S.M. Khairova	
Development mechanism of management of financial flows of industrial enterprises	165
N.N. Chepeleva	
The practical aspects of motor transport companies' core competences definition	174
A. I. Chumakov I.N. Gorelova	
Determination of qualification potential workforce trade enterprises	180

SCIENTIFIC SCHOOLS

M.V. Isayenko, E.V. Andreeva	
The founder of the Scientific School Road in SibADI	188

РАЗДЕЛ I

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК-623.486

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА БРОНЕТАНКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ И ТЕХНИКИ

А.И. Винник, Н.Г. Макаренко, А.А. Шаргаев

Омский автобронетанковый инженерный институт, Россия, г. Омск.

Аннотация. Анализ существующих стратегий технического обслуживания и ремонта показал, что каждая из существующих стратегий имеют свои преимущества и недостатки, объединение преимуществ каждой из стратегий и исключение недостатков приведут к созданию смешанной системы технического обслуживания и ремонта, которая позволит повысить готовность образцов БТВТ, коэффициент технической готовности и коэффициент технического использования, качество эксплуатации, снизить затраты на обслуживание и ремонт при заданном уровне надежности образцов БТВТ.

Ключевые слова: система технического обслуживания и ремонта, коэффициент технической готовности, коэффициент технического использования, экономическая целесообразность.

Введение

Система технического обслуживания и ремонта изделий техники – это совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания и ремонта и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества изделий, входящих в эту систему [1].

Система ремонта изделий военной техники – это совокупность взаимосвязанных средств ремонта изделий военной техники, исполнителей и документации, взаимодействие которых происходит в соответствии с задачами всех предусмотренных видов ремонта изделий [2].

Накопленный опыт организации и осуществления эксплуатации и ремонта БТВТ в войсках позволил выявить следующие основные проблемные вопросы:

- 1) моральное и физическое старение парка БТВТ;
- 2) тенденция снижения показателей исправности парка БТВТ;
- 3) повышение уровня сложности современных БТВТ;
- 4) снижение производственных возможностей ремонтно-восстановительных органов;
- 5) сокращение объемов и количества восстанавливаемого БТВТ;

6) исчерпание запасов устойчивости системы эксплуатации и ремонта для выполнения текущих и планируемых задач;

7) снижение объемов обменных фондов узлов и агрегатов;

8) снижение уровня обученности личного состава;

9) рассогласование требуемых мероприятий по обеспечению эксплуатации и ремонта БТВТ с фактическими возможностями войск;

10) ресурсные ограничения на финансирование эксплуатации и ремонта БТВТ.

Анализ стратегий технического обслуживания, укомплектованности ремонтных подразделений и оценка эффективности систем технического обслуживания и ремонта

Анализ существующих стратегий технического обслуживания и ремонта показал, что каждая из существующих стратегий имеют свои преимущества и недостатки.

Аварийно-восстановительная система ремонта применяется в основном в сфере жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). В связи со сложностью диагностирования и прогнозирования остаточного ресурса коммуникаций и большим сроком

эксплуатации коммунальных сетей данная система наиболее актуальна для сферы ЖКХ, до внедрения в построение инженерных систем и коммуникаций инновационных технологий. Принцип работы данной системы заключается в том, что аварийно-восстановительные мероприятия проводятся только в случае возникновения аварий или происшествий на каком либо участке.

До 1 июня 1999 года в Вооруженных Силах Российской Федерации действовала плано-предупредительная система технического обслуживания и ремонта (ТО и Р). Особенностью этой системы является то, что профилактические работы на БТВТ проводятся в плановом порядке после установленного пробега, а ремонтные работы, связанные с устранением возникших в процессе эксплуатации отказов и неисправностей, – по потребности. Мероприятия разрабатываются и осуществляются в соответствии с рекомендациями заводов-изготовителей и включают в себя профилактические осмотры, техническое обслуживание, ремонты.

В процессе планового ТО и Р параметры технического состояния изделия поддерживаются в заданных пределах, однако из-за изнашивания деталей, поломок и других причин ресурс объектов БТВТ (агрегата, механизма) расходуется, и в определенный момент образец уже не может нормально эксплуатироваться, т. е. наступает предельное состояние, которое не может быть устранено профилактическими методами ТО и Р, т.е. объект БТВТ требует восстановления утраченной работоспособности – ремонта.

Перемены в философии конструирования и усовершенствования технологий и материалов, необходимость сокращения расходов на эксплуатацию заставили эксплуатантов искать новые пути совершенствования системы ТО и Р и привели к разработке концепции плано-предупредительной системы ТО и Р с периодическим контролем технического состояния.

В связи с этим с 1 июня 1999 года в Вооруженных Силах Российской Федерации внедрена плано-предупредительная система технического обслуживания и ремонта с периодическим контролем технического состояния, особенностью которой является внедрение в существующую плано-предупредительную систему ТО и Р технического обслуживания с периодическим контролем и ремонт по

техническому состоянию. Целью внедрения данных видов ТО и Р является повышение качества технического состояния БТВТ на протяжении их жизненного цикла при одновременном снижении расходов на их эксплуатацию.

Анализ укомплектованности ремонтных подразделений и квалификационная характеристика военнослужащих проводились на примере ремонтной роты мотострелковой бригады ЦВО. Уровень укомплектованности ремонтной роты бригады составляет 76,5 %, что не соответствует требованиям, предъявляемым к частям постоянной боевой готовности. По штату ремонтная рота ОМСБр должна быть укомплектована на 100% военнослужащими по контракту. Но в связи с недостатком военнослужащих по контракту комплектуется по смешанному принципу, причем, согласно руководящих документов, военнослужащими по контракту должны замещаться сержантские должности, такие как командир отделения и старший мастер. Но такой принцип назначения на командные должности военнослужащих по контракту приводит к тому, что на должности назначаются военнослужащие контрактной службы, не имеющие специального образования, соответствующего занимаемой должности. Так, например, из пяти командиров взводов данной ремонтной роты только два соответствуют занимаемым должностям – командир взвода по ремонту автомобильной и бронетанковой техники и командир взвода по ремонту ракетно-артиллерийского вооружения. Остальные командиры взводов не соответствуют занимаемой должности по своей гражданской и военно-учетной специальности (далее по тексту ВУС), либо имеют только среднее полное (11 классов) образование.

Из 20 командиров отделений положенных по штату, по списку в роте только 16, четыре должности вакантны. 11 из 16 командиров отделений не имеют специального образования или имеют не соответствующее ВУС. Обучение в воинских учебных частях на должность командира ремонтного отделения прошли только 2 человека.

Кроме соответствия специальности военнослужащего занимаемой должности на успешное выполнение поставленных задач по техническому обслуживанию и ремонту БТВТ непосредственное влияние оказывает стаж трудовой деятельности в занимаемой должности. На гистограмме представлено

распределение военнослужащих контрактной службы ремонтной роты в зависимости от стажа трудовой деятельности в должности. В данной ремонтной роте наибольшее количество военнослужащих по контракту имеет стаж работы в должности до года (21 человек) и от года до трех (18 человек). Учитывая тот факт, что большинство из них не имеет специального образования, соответствующего занимаемой должности и малый стаж работы, сложно говорить о том, что специалисты-ремонтники в состоянии на должном уровне выполнять задачи по предназначению.

От приспособленности к техническому обслуживанию и ремонту образцов БТВТ зависит трудоемкость и связанная с этим стоимость проведения данных мероприятий.

Трудоемкость технического обслуживания изделия военной техники - трудовые затраты на проведение одного технического обслуживания данного вида изделия военной техники [2].

Согласно ГОСТ 21624-81 конструкция и компоновка изделия и его составных частей должны обеспечивать проведение всех операций технического обслуживания и текущего ремонта с минимально возможными трудовыми и материальными затратами.

Анализ войсковой эксплуатации, применения в боевых действиях показал высокую ремонтпригодность танка Т-72 и его модификаций. Подавляющее число ремонтных работ возможно проводить в полевых условиях, зачастую в отсутствие штатных машин технического обслуживания и ремонта. Для выполнения ремонтных работ можно использовать различные подручные средства, с помощью которых удастся даже менять танковые пушки рядом с линией фронта, не отправляя машины в тыл. Это свидетельствует о высокой ремонтпригодности Т-72.

Однако ограниченный объем моторно-трансмиссионного отделения (МТО), не совершенность применяемых соединений, труднодоступность к болтам крепления двигателя и необходимость использования специальных ключей, необходимость центровки двигателя с гитарой, не позволили конструкторам Т-72 добиться низкой трудоемкости при замене силовой установки.

По результатам испытаний, у танков Т-72А показатель удельной суммарной продолжительности работ технического обслуживания (ч/тыс.км) был в 1,5 раза хуже, чем у Т-80Б.

Опыт эксплуатации танков типа Т-72Б позволил определить и откорректировать оптимальную периодичность технического обслуживания, обеспечивающего постоянную боевую готовность танков. По данным подконтрольной эксплуатации танков в войсковых частях, средняя оперативная продолжительность видов технического обслуживания – ТО (ЕТО, ТО №1, ТО №2) у Т-72Б одинакова с Т-80БВ и находится на уровне американского М1.

Ремонтпригодность танков Т-72 и его модификаций по таким показателям как приспособленность систем к диагностированию, трудоемкости выполняемых работ значительно проигрывает аналогичным показателям вооружения и военной техники армий наиболее развитых государств. На крайне низком уровне находятся системы встроенного контроля и диагностики различных систем, что не позволяет своевременно обнаруживать и устранять отказы, реализовывать режим эксплуатации по техническому состоянию.

Проведенный анализ укомплектованности средствами ТО и Р и их технического совершенства показал, что штат ремонтного подразделения включает в себя современные подвижные средства ТО и Р автомобильной и бронетанковой техники в достаточном количестве, кроме взвода по ремонту ракетно-артиллерийского вооружения, но в наличии на вооружении ремонтной роты их практически нет.

Во взводе по ремонту автомобильной и бронетанковой техники из положенных по штату восьми единиц МТО-УБ2 нет ни одной – все заменены на мастерские допустимые по перечню допустимой замены.

В комплекте мастерских, имеющихся на вооружении мотострелковой бригады, а также в пункте технического обслуживания и ремонта (ПТОР) имеются следующие средства технического диагностирования (СТД) [3]: стенд для проверки форсунок двигателей типа В-2 СТА-6; стенд для проверки форсунок и насос-форсунок модели 13М; прибор для проверки форсунок ППФ-1; компрессометр для проверки компрессии в дизельных двигателях типа В-2; прибор для проверки герметичности ППГУ; стенд для проверки системы воздухопуска СППВ; прибор для определения технического состояния цилиндропоршневой группы (ЦПГ) модели К-69М.

Данные СТД не автоматизированы, все они классифицируются как ручные, сложны

по устройству и эксплуатации, выполнены на устаревшей элементной базе, низкие метрологические характеристики, имеют большие габариты и массу.

Перечисленные выше СТД не обеспечивают полную проверку технического состояния (не более 25...40 %) систем дизельных двигателей, не обеспечивают достоверность и объективность оценки их технического состояния, не позволяют локализовать места отказов, не позволяют спрогнозировать остаточный ресурс систем и двигателей в целом. Существенным недостатком этих СТД является невозможность использования для безразборного диагностирования силовых установок, что приводит к увеличению продолжительности, трудоемкости и отрицательно влияет на качество проведения ТО и ремонта образцов БТВТ.

При анализе отказов танков Т-72Б и их составных частей (СЧ) использовалась информация по результатам эксплуатации 267 объектов [4].

Конструктивно-производственные (КП) отказы СЧ танков Т-72Б по результатам подконтрольной войсковой эксплуатации распределились следующим образом: вооружение – 428; силовая установка – 459; трансмиссия – 131; ходовая часть – 405; электро-радио оборудование (ЭРО) – 426; прочие СЧ – 121. Полученные данные показывают, что наибольшее число отказов по танкам Т-72Б приходится на силовую установку, вооружение, ЭРО, ходовую часть и составили соответственно: 23,3; 21,7; 21,6; 20,6 % от всего числа КП отказов по объекту.

Анализ выхода из строя силовых установок (СУ) танков показал, что наибольшее число отказов приходится на следующие СЧ и элементы:

– коленчатый вал и ЦПГ (49 отк.), на прокладки головки блока цилиндров (35 отк.), на прокладки газового стыка (27 отк.), ТНВД (27 отк.), топливные форсунки (21 отк.);

– по системам двигателя – на соединения трубопроводов топливной системы и системы смазки (18 отк.), на соединения трубопроводов системы охлаждения и водяной насос (12 отк.), подогреватель (18 отк.), выпускной коллектор и его прокладки (92 отк.), воздушный компрессор (27 отк.), автомат давления АДУ-2С (34 отк.).

Большое количество отказов силовой установки и ее систем связано с недостаточной эффективностью встроенных

СТД и аварийной сигнализации (сигнализаторы предельно низкого давления масла и предельной температуры охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя).

Анализ результатов подконтрольной войсковой эксплуатации образцов БТВТ свидетельствует о наличии значительного количества отказов сборочных единиц стабилизатора танкового вооружения (СТВ). Поиск отказов в СТВ образцов БТВТ сопряжен с большими затратами времени и труда и связан с отсутствием встроенных и внешних средств технического диагностирования.

Анализ состояния системы ТО и Р показал, что использование какой-либо одной стратегии ТО и Р для всего образца в целом не является рациональным, т.к. это приведет либо к снижению надежности образца, либо к неоправданно высоким затратам на ТО и Р, поэтому есть необходимость рассмотреть возможность применения смешанной системы ТО и Р.

Такая система предполагает совмещение плано-предупредительной системы ТО и Р, аварийно-восстановительной, по техническому состоянию.

Практика применения смешанной стратегии технического обслуживания и ремонта показывает, что при внедрении этой стратегии можно сократить затраты на обслуживание на 75%, снизить количество обслуживаний на 50%, снизить число отказов на 70% за первый год работы.

Необходимые условия применения смешанной системы технического обслуживания и ремонта следующие:

- экономическая целесообразность;
- наличие диагностической базы (в нее включаются средства диагностирования и инфраструктура);
- объем и качество диагностической информации;
- наличие методик определения технического состояния и прогнозирование остаточного ресурса, позволяющее определять периодичность, виды, объем ТО и ремонта БТВТ;
- наличие обученного персонала;
- контролепригодность объекта.

Современный танк является сложным комплексным образцом, состоящим из узлов, агрегатов и систем различного назначения, которые используются в зависимости от выполняемых задач. Сложность конструкции танков Т-72 и их модификаций привела к

возрастанию разнообразия по характеру используемых физико-химических процессов, характеру и степени нагрузок, входящих в их состав устройств и систем. Такие системы образца БТВТ, как вооружение, средства связи, система управления огнем, приборы прицеливания и наблюдения, специальное оборудование имеют собственную наработку, которая измеряется в собственных единицах (выстрелах, циклах, излучениях, часах) и зависит, в первую очередь, от характера выполняемых задач. Таким образом, СЧ, входящие в состав образца БТВТ, имеют различные уровни надежности и, соответственно, различные показатели (наработки) до перехода в предельное состояние.

Соответственно, зависимость наработки систем танка от наработки силовой установки и наработки базы образца не пропорциональна и, следовательно, их ТО и Р должны планироваться и выполняться в зависимости от собственной наработки каждой из систем, измеряемой в собственных единицах.

Внедрение ТО СЧ по наработке в собственных единицах наработки позволит более рационально использовать силы и средства ТО, уменьшит количество необоснованных воздействий на объект БТВТ, позволит уменьшить материальные затраты на ТО не снижая надежности образца в целом.

Эффективность системы эксплуатации и ремонта БТВТ определяют качественные характеристики совокупности ее взаимосвязанных элементов: объектов БТВТ, средств их эксплуатации и ремонта, исполнителей и документации, взаимодействие которых происходит в соответствии с задачами каждого этапа эксплуатации и ремонта объектов.

Причем, характеристики БТВТ как объектов эксплуатации и ремонта оказывают определяющее влияние на формирование требований к личному составу, эксплуатирующему эти объекты, персоналу ремонтно-восстановительных органов, количеству и качеству технологического оборудования и инструмента.

Для оценки эффективности применяемой системы ТО и Р возможно применение как частных показателей так и обобщенных показателей [5].

В качестве показателя технической готовности $K_{ТГ}$ используют отношение исправных (работоспособных) образцов n_p к

их общей численности $n_{общ}$ в составе парка:

$$K_{ТГ} = \frac{n_p}{n_{общ}}. \quad (1)$$

Данный показатель имеет право на использование, когда оценивается боеготовность войскового (общевойскового) формирования.

В качестве показателей технической готовности используются, согласно ГОСТ 27.002-89:

– коэффициент готовности – вероятность того, что образец окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение образца по назначению не предусматривается;

– коэффициент оперативной готовности – вероятность того, что образец окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение образца по назначению не предусматривается, и, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени;

– коэффициент технического использования – отношение математического ожидания суммарного времени пребывания образца в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания образца в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период.

Коэффициент готовности $K_r(t)$ определяется как отношение времени, в течение которого образец находится в работоспособном состоянии, к общей продолжительности рассматриваемого интервала времени $[0, t]$:

$$K_r(t) = \frac{T_p(0, t)}{T_p(0, t) + T_{np}(0, t)}, \quad (2)$$

где $T_p(0, t)$ – суммарная продолжительность нахождения образца в работоспособном состоянии в интервале времени $[0, t]$;

$T_{np}(0, t)$ – суммарная продолжительность простоя образца, связанного с устранением отказов в интервале времени $[0, t]$.

Коэффициент оперативной готовности $K_{ор}(t, t + \Delta t)$, в соответствии с приведенным выше определением, представляется следующим выражением:

$$K_{oz}(t, t + \Delta t) = K_e(t) P(t, t + \Delta t), \quad (3)$$

где $P(t, t + \Delta t)$ – вероятность нахождения образца в работоспособном состоянии в интервале времени $[t, t + \Delta t]$.

Согласно правилам статистической теории надежности, коэффициент оперативной готовности $K_{op}(t, t + \Delta t)$ определяется как отношение времени, в течение которого образец находится в работоспособном состоянии, к общей продолжительности рассматриваемого интервала времени $[0, t + \Delta t]$:

$$K_{oz}(t, t + \Delta t) = \frac{T_p(0, t + \Delta t)}{T_p(0, t + \Delta t) + T_{np}(0, t + \Delta t)} = \frac{T_p(0, t + \Delta t)}{T_p(0, t + \Delta t) + [T_{ож}(0, t + \Delta t) + T_e(0, t + \Delta t)]}, \quad (4)$$

где $(0, t + \Delta t)$ – предусмотренный НТД интервал времени (ресурс) с начала эксплуатации образца до первого капитального ремонта; $T_{np}(0, t + \Delta t)$ – суммарная продолжительность простоя образца, связанного с устранением отказов в интервале времени $[0, t + \Delta t]$; $T_{ож}(0, t + \Delta t)$ – суммарная продолжительность простоя образца в неработоспособном состоянии, связанного с ожиданием начала восстановительных работ после отказов в интервале времени $[0, t + \Delta t]$; $T_e(0, t + \Delta t)$ – суммарная продолжительность выполнения на образце восстановительных работ по устранению отказов в интервале времени $[0, t + \Delta t]$.

Возможно, применить комплексный показатель, включающий основные факторы эффективности функционирования системы ТО и Р [1]:

$$K_i = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m d_j} \quad (5)$$

Определяющие факторы d_j : средняя продолжительность технического обслуживания (ремонта); средняя трудоемкость технического обслуживания (ремонта); средняя стоимость технического обслуживания (ремонта); коэффициент готовности; коэффициент технического использования; готовность парка изделий.

Выводы

Таким образом, применение смешанной системы ТО и Р наряду с качественным укомплектованием ремонтных подразделений специалистами-ремонтниками и оснащением их современным диагностическим оборудованием приведет к повышению

основных показателей эффективности систем ТО и Р, повышению степени готовности парка БТВТ, снижению затрат на ТО и Р при заданном уровне надежности образцов БТВТ.

Библиографический список

1. ГОСТ 18322-78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения (с Изменениями N 1, 2). – Введ. 1980-01-01. – М.: Стандартинформ, 2007. – 12 с.
2. ГОСТ РВ 0101-001-2007. Эксплуатация и ремонт изделий военной техники. Термины и определения. – Введ. 2008-01-01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 36 с.
3. Анализ существующих средств технического обслуживания и войскового ремонта бронетанкового вооружения и техники, разработка предложений по их модернизации или созданию новых образцов: отчет о НИР «Летучка». В. ч. 68054 / науч. рук. Е.Г. Соболев; отв. исполн. И.Е. Черепанов; исп. Е.Ю. Голяшова, А.В. Сподин, Р.В. Свиринов. – Инв. № 3223. – М.: [Б. и.], 1997. – 99 с.
4. Анализ и обобщение результатов подконтрольной эксплуатации и статистического учета отказов и поврежденных объектов БТВТ при их эксплуатации: отчет / в.ч. 68054. – Инв. № 4767. – М.: [Б. и.], 1989. – 94 с.
5. ГОСТ Р 56111-2014. Интегрированная логистическая поддержка экспортируемой продукции военного назначения. Номенклатура показателей эксплуатационно-технических характеристик. – Введ. 2014-09-16. – М.: Стандартинформ, 2014. – 15 с.

ANALYSIS OF SYSTEMS OF MAINTENANCE AND REPAIR OF BTVT AND SUGGESTIONS FOR IMPROVEMENT OF THE ACCEPTED SYSTEM

A.I. Vinnik, N.G. Makarenko, A.A. Shargayev

Abstract. The analysis of existing maintenance support strategies shows that each of them has advantages and disadvantages. Consolidation of advantages of all the strategies and deletion of disadvantages will lead to the creation of the mixed maintenance support system, which will allow enhancing BTVT samples availability, coefficient of technical readiness and availability ratio, running efficiency and reducing maintenance support costs at the desired reliability level of BTVT samples.

Keywords: maintenance support system, availability ratio, operating efficiency, cost-effectiveness.

References

1. GOST 18322-78. System of technical servicing and repair of equipment. Terms and determinations [State standard 18322-78. Sistema tehničeskogo obsluzhivaniya i remonta tehniki. Terminy i opredeleniya]. Moscow, 2007. 12 p.
2. GOST PB 0101-001-2007. Operation and repair of products of military equipment. Terms and determinations [State standard RV 0101-001-2007.

Ekspluatatsiya i remontizdeliyvoennoyehniki. Terminy i opredeleniya]. Moscow, Standartinform, 2008. 36 p.

3. The analysis of the existing means of maintenance and army repair of armored arms and the equipment, development of offers on their upgrade or creation of new samples: report on NIR «Short meeting» [*Analiz suschestvuyuschih sredstv tehnikeskogo obsluzhivaniya i voyskovogo remonta bronetankovogo vooruzheniya i tehniki, razrabotka predlozheniy po ih modernizatsii ili sozdaniyu novykh obraztsov*]. E.G. Sobolev; Otv. Ispoln. I.E. Cherepanov; Ispoln. E.Yu. Golyashova, A.V. Spodin, R.V. Svirin. Moscow, 1997. 99 p.

4. The analysis and generalization of results of under control operation and the statistical recording of refusals and damages of objects of BTVT in case of their operation: report [*Analiz i obobschenie rezul'tatov podkontrol'noy ekspluatatsii i statisticheskogo ucheta otkazov i povrezhdeniyob'ektov BTVT prii ekspluatatsii*]. Moscow, 1989. 94 p.

5. GOST P 56111-2014. The integrated logistical support of the exported military products. Product indicators of operational technical characteristics [*State standard R 56111 – 2014. Nomenklatura pokazateley ekspluatatsionno-tehnicheskikh harakteristik*] Moscow, Standartinform, 2014. 15 p.

Винник Анатолий Игоревич (Россия, г. Омск)
– адъюнкт; Омский автобронетанковый

инженерный институт (644098, г. Омск, 14 военный городок, e-mail: vinnik19@rambler.ru).

Макаренко Николай Григорьевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, профессор кафедры эксплуатации ОАБИИ; Омский автобронетанковый инженерный институт (644098, г. Омск, 14 военный городок, e-mail: macnik@yandex.ru).

Шаргаев Алексей Александрович (Россия, г. Омск) – адъюнкт; Омский автобронетанковый инженерный институт (644098, г. Омск, 14 военный городок, e-mail: al.shargaev@mail.ru).

Vinnik Anatoliy Igorevich (Russian Federation, Omsk) – postGraduate, Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14th military camp, e-mail: vinnik19@rambler.ru).

Makarenko Nikolay Grigorievich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, Professor at the maintenance department of OABII Omsk Tank-Automotive Engineering Institute 644098, Omsk, 14th military camp, e-mail: macnik@yandex.ru).

Shargayev Aleksey Aleksandrovich (Russian Federation, Omsk) – postGraduate, Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14th military camp, e-mail: al.shargaev@mail.ru).

УДК 625.76

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОСЦИЛЛЯТОРНО-ВИБРАЦИОННОГО КАТКА

В.В. Дубков, А.М. Базинская
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В данной статье рассмотрен механизм вибровозбудителя осцилляторно-вибрационного катка с тремя дебалансными валами, рассмотрены вопросы воздействия двух возмущающих сил на уплотняемый материал, создаваемых данными дебалансами. Определена зависимость массы и радиуса центрального дебаланса осцилляторного катка от массы и радиуса его боковых дебалансов и их угловой скорости. Представлены графические зависимости массы центрального дебаланса от массы боковых дебалансов при различных углах приложения нагрузки. Разработана методика определения масс радиусов дебалансов осцилляторно-вибрационного катка.

Ключевые слова: уплотнение дорожно-строительных материалов, осцилляторные, вибрационные катки, дебалансные валы, масса дебаланса, радиус дебаланса.

Введение

Одним из главных факторов надежности дорожного покрытия, в частности асфальтобетонного, является хорошее уплотнение материала, что является гарантией долговечности дороги. Для уплотнения применяются катки разного

действия. Катки бывают статистического, вибрационного, вибрационно-статистического и осцилляторного действия.

У каждого из этих катков есть достоинства и недостатки при уплотнении дорожно-строительных материалов.

Расчет параметров осцилляторно-вибрационного катка

Рассмотрим каток, в котором механизм вибрационных колебаний выполнен в виде двух вибровозбудителей круговых колебаний, оси которых смещены от оси вращения вальца в противоположные стороны. Третий вибровозбудитель установлен соосно с вальцом, а его дебалансные массы смещены на определенный угол по отношению к первым двум дебалансным валам. Данная схема вибрационного механизма рассмотрена в работах [1, 2, 3].

Совместное воздействие на вибровалец двух возмущающих сил, возникающих при одновременном вращении трех валов с дебалансами, оказывает сминающее и сдвигающее воздействие на уплотняемый материал. Возникающие при этом вертикальные и сдвигающие деформации будут обеспечивать довольно высокую эффективность уплотнения при определенной частоте вращения вибрационных валов и их взаимном расположении [1].

Рассмотрим возмущающие силы, действующие на уплотняемый материал (рис.1).

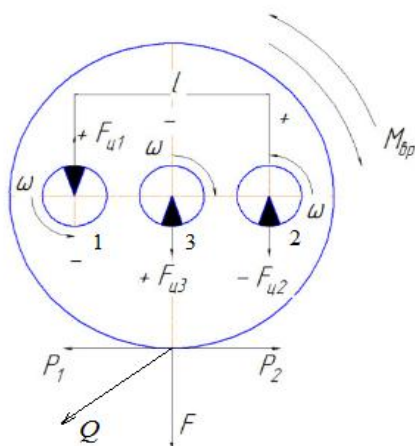


Рис. 1. Схема воздействия осцилляторно-вибрационного вальца катка на уплотняемый материал

Сила, которая создается дебалансами вальца, Q, равна сумме горизонтальной силы P₁ и вертикальной силы F, создаваемой центральным дебалансом.

$$Q = P_1 + F, \quad (1)$$

Для наиболее эффективного уплотнения (с наименьшими затратами энергии) необходимо, чтобы результирующая сила Q

была направлена к уплотняемому материалу под углом внутреннего трения материала.

Угол внутреннего трения – угол наклона прямолинейной части диаграммы сдвига асфальтобетона к оси нормальных давлений. Угол внутреннего трения является показателем сил трения в материале, возникающих при явлениях сдвига и оказывающих сопротивление сдвигу. На основании исследований Захаренко А.В. [4, 5, 6] были выявлены средние значения угла внутреннего трения для различных материалов. Таким образом, угол внутреннего трения для асфальтобетона по рекомендации [4] равен 37...42°. На рисунке 2 показан данный угол.

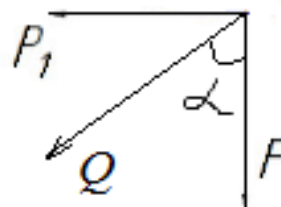


Рис. 2. Угол внутреннего трения

По правилам геометрии запишем следующие формулы, исходя из рисунка 2:

$$\sin \alpha = \frac{P_1}{Q} \text{ и } \cos \alpha = \frac{F}{Q}, \text{ отсюда } \frac{P_1}{\sin \alpha} = \frac{F}{\cos \alpha},$$

так образом, соотношение сил определяется по формуле:

$$\frac{P_1}{F} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}, \quad (2)$$

Исходя из значений угла внутреннего трения, найдем соотношение сил P₁/F по формуле 2:

$$\frac{P_1}{F} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = (0,75 \dots 0,90)$$

Из данного условия выразим вертикальную силу: $F = P_1 / (0,75 \dots 0,90)$.

Эффективность уплотнения материала вальцом осцилляторного катка будет зависит от сцепления рабочего органа с уплотняемым материалом. То есть, должно выполняться условие, связанное с возможностью преодоления вальцом сопротивления материала сдвигу и с исключением или сведением к минимуму бесполезной его вращательной пробуксовки (проскальзывания), которая нежелательна из-за снижения уплотняющей эффективности и возможного износа его поверхности за счет

абразивного истирания. Это важное условие, которое выражается через моменты действующих сил на вальце относительно его оси и включающее в более общем виде рассмотрено в работах М.П. Костельова [7, 8]. Данное условие выглядит так:

$$M_0 \cdot \sin \omega t \geq M_w \leq M_T, \quad (3)$$

где M_w – момент силы сопротивления материала сдвигу относительно оси вальца, Н·м; M_T – момент силы трения относительно оси вальца, Н·м.

Момент силы сопротивления материала сдвигу относительно оси вальца приравнивается моменту силы сцепления вальца с уплотняемым материалом.

Момент силы сцепления вальца с уплотняемым материалом можно найти по следующей формуле:

$$M_{сц} = T_{сц} \cdot R, \quad (4)$$

где $T_{сц}$ – сила сцепления материала с рабочим органом катка, Н; R – радиус вальца, м.

Силу сцепления вальца с покрытием найдем по формуле:

$$T_{сц} = Q_{сц} \cdot \varphi_{сц}, \quad (5)$$

где $Q_{сц}$ – сцепной вес катка, то есть сила тяжести, приходящийся на ведущие вальцы катка, кН; $\varphi_{сц}$ – коэффициент сцепления вальца с материалом укатываемой поверхности, определяется экспериментальным путем.

Сцепной вес зависит от технических параметров катка и от вертикальной силы F и определяется выражением:

$$Q_{сц} = m_{е.е} \cdot g + F, \quad (6)$$

где $m_{е.е}$ – масса катка, приходящаяся на ведущий валец катка, кг; g – ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м/с}^2$.

Учитывая формулы (3-5), запишем окончательную формулу для определения момента силы сцепления вальца с поверхностью покрытия:

$$M_{сц} = (m_{е.е} \cdot g + F) \cdot \varphi_{сц} \cdot R, \quad (7)$$

Момент крутящих колебаний от двух дебалансных валов равен:

$$M_{\text{вп}} = P_0 \cdot l, \quad (8)$$

где l – расстояние между осями дебалансных валов, м; P_0 – возмущающая сила, создаваемая дебалансным валом.

Возмущающая сила, создаваемая дебалансным валом, зависит от геометрических размеров и массы дебаланса и угловой скорости вращения вала. Определяется она по формуле:

$$P_0 = m_{\delta} \cdot r_0 \cdot \omega^2, \quad (9)$$

где m_{δ} – масса эксцентриситета, кг; r_0 – радиус дебаланса, м; ω – угловая скорость дебаланса, рад/с.

М.П. Костельов в статье [7] приводит значения частот крутильных колебаний, при которых идет наиболее эффективное уплотнение асфальтобетона. Данные частоты равны 60-80 Гц.

Угловая скорость связана с частотой колебаний через следующую зависимость:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (10)$$

где n – частота вращения, Гц.

Используя формулы (8-10) запишем окончательную формулу определения крутящего момента создаваемого дебалансными валами катка:

$$M_{\text{вп}} = m_{\delta} \cdot r_0 \cdot \omega^2 \cdot l, \quad (11)$$

Запишем условие (3) таким образом:

$$M_{\text{вп}} \sin \omega t \geq M_{сц}$$

Далее приравняем правые части уравнений (7) и (11):

$$(m_{е.е} \cdot g + F) \cdot \varphi_{сц} \cdot R = m_{\delta} \cdot r_0 \cdot \omega^2 \cdot l,$$

и теперь из полученного уравнения выразим радиус (12) и массу (13) боковых дебалансов катка:

$$r_0 = \frac{(m_{е.е} \cdot g + F) \cdot \varphi_{сц} \cdot R}{m_{\delta} \cdot \omega^2 \cdot l}; \quad (12)$$

$$m_{\delta} = \frac{(m_{е.е} \cdot g + F) \cdot \varphi_{сц} \cdot R}{r_0 \cdot \omega^2 \cdot l}, \quad (13)$$

Таким образом, данные расчетные формулы показывают зависимость радиуса и массы боковых дебалансов в зависимости от массы вальца, частоты вращения боковых дебалансных валов, вертикальной силы действующей на валец и расстояния между осями дебалансных валов.

График зависимости радиуса дебалансов от их массы представлен на рисунке 3.

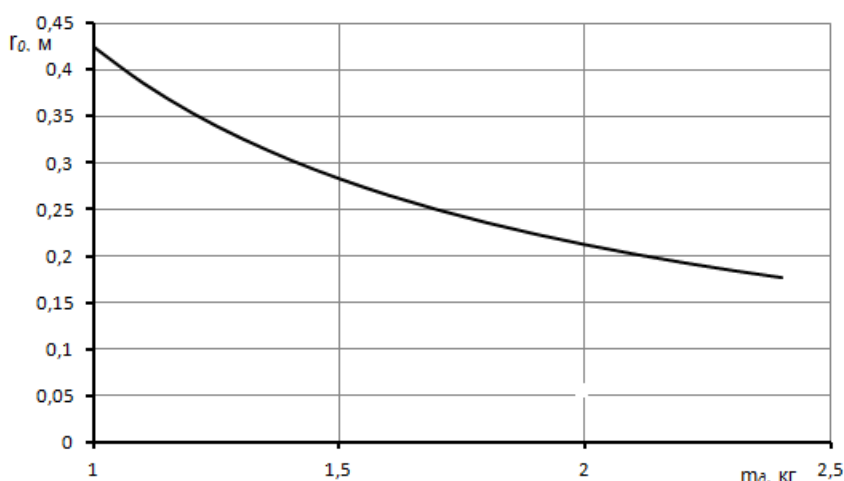


Рис. 3. График зависимости радиуса дебаланса r_0 , от массы m_d

Зная радиус и массу боковых дебалансов, можно определить параметры центрального дебалансного вала.

Вертикальная сила F находится по формуле:

$$F = m_3 \cdot r_3 \cdot \omega_3^2, \quad (14)$$

где m_3 – масса центрального дебаланса, кг; r_3 – радиус центрального дебаланса, м; ω_3 – угловая скорость центрального дебаланса, рад/с.

Принимая соотношение сил $F = P_1 / (0,75 \dots 0,90)$, используя формулу (9) и (14) запишем формулы для нахождения параметров центрального дебаланса:

$$m_3 \cdot r_3 \cdot \omega_3^2 = \frac{m_d \cdot r_0 \cdot \omega^2}{(0,75 \dots 0,90)},$$

$$m_3 = \frac{m_d \cdot r_0 \cdot \omega^2}{(0,75 \dots 0,90) \cdot \omega_3^2 \cdot r_3}, \quad (15)$$

$$r_3 = \frac{m_d \cdot r_0 \cdot \omega^2}{(0,75 \dots 0,90) \cdot \omega_3^2 \cdot m_3}, \quad (16)$$

Ниже на рис. 4 приведены графики зависимости массы центрального дебаланса от массы бокового дебаланса. При этом показаны зависимости при различных углах приложения нагрузки.

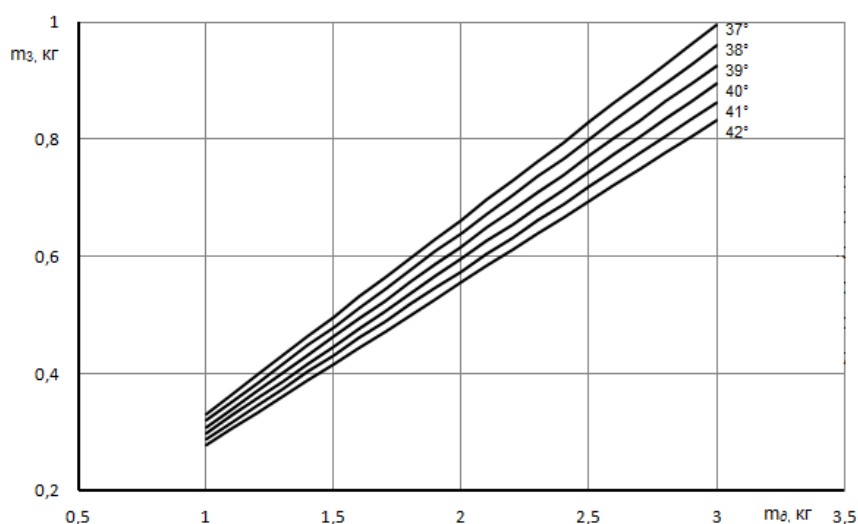


Рис. 4. Графики зависимости массы центрального дебаланса m_3 от массы боковых дебалансов m_d при различных углах приложения нагрузки

Заключение

Полученные математические выражения (15) и (16) показывают зависимость массы и

радиуса центрального дебаланса от массы и радиуса боковых дебалансов и угловой скорости дебалансов.

Библиографический список

1. Дубков, В.В. Повышение эффективности уплотнения дорожно-строительных материалов осциляторно-вибрационным катком / В.В. Дубков, К.А. Медведева // Техника и технологии строительства. – 2015. – Т. 1. – С. 49-53.
2. Пат. 2079610 РФ, МПК⁶ E 02 F 5/12, E 01 C 19/28. Самоходный вибрационный каток с возбудителем комбинированного действия / М.Р. Буренюк, О.М. Карпов, А.А. Цуканов, В.Н. Григоруку, Московское высшее военное дорожное инженерное училище. – № 94033300/03; заявл. 14.09.1994; опубл. 20.05.1997, Бюл. №14. – 4 с.
3. Пат. 121261 РФ, МПК E 01 C 19/28. Валец дорожного катка комбинированного действия / В.В. Дубков, В.С. Серебренников; СибАДИ. – № 2012123883/03; заявл. 08.06.2012; опубл. 20.10.2012, Бюл. № 29. – 6 с.
4. Захаренко, А.В. Теоретические и экспериментальные исследования процессов уплотнения катками грунтов и асфальтобетонных смесей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / А.В. Захаренко; СибАДИ. – Омск, 2005. – 44 с.
5. Захаренко, А.В. Определение коэффициента сцепления вальца дорожного катка с уплотняемым материалом / А.В. Захаренко // Строительные и дорожные машины. – 2005. – № 8 – С. 30-31.
6. Захаренко, А.В. Управление вектором силового воздействия вальца дорожного катка / А.В. Захаренко // Строительные и дорожные машины. – 2005. – № 4. – С. 40-43.
7. Костельов, М.П. Новый способ уплотнения дорожно-строительных материалов / М.П. Костельов // Автомобильные дороги. – 1991. – № 6. – С.13-15.
8. Костельов, М.П. Уплотнению асфальтобетона требуется обновленное поколение дорожных катков / М.П. Костельов // Дорожная техника и технология: каталог-справочник. – СПб: Славутич, 2003. – С. 12-22.

THE DEFINITION OF THE PARAMETERS OSCILLATORE-VIBRATION ROLLERS

V.V. Dubkov, A.M. Bazinskaya

Abstract. This article discusses the mechanism of vibration exciter oscillatore-compacto with three unbalanced shafts, the issues of the impact of the two disturbing forces generated by these debalance. The dependence of the mass and radius of the Central balance weight oscillating rink from the mass and the radius of its lateral disbalansov and their angular velocity.

Keywords: sealing road-buiding materials, oscillatory, vibratory rollers, unbalance shafts, the mass of the imbalance, the radius of the imbalance.

References

1. Dubkov V.V., Medvedeva K.A. Improving efficiency seals road-buldng materials oscillatore-vibrating rollers [Povyshenie ehffektivnosti uplotneniya dorozhno-stroitel'nyh materialov oscilyatorno-vibracionnym katkom] *Tekhnika i tekhnologii stroitel'stva*, 2015. pp. 49-53.
2. Burenyuk M.R., Karpov O.M., Cukanov A.A., Grigoruk V. N. Self-propelled vibratory roller with the combined action of the agent [*Samohodnyj vibracionnyj katok s vozbu-ditelem kombinirovannogo dejstviya*]. Pat. 2079610 RF.
3. Dubkov V.V., Serebrennikov V.S. Drum road roller combined action [*Valec dorozhnogo katka kombinirovannogo dejstviya*]. Pat. 121261 RF.
4. Zaharenko A.V. Theoretical and experimental study of the processes of soil compaction rollers and asphalt mixes [Teoreticheskie i ehksperi-mental'nye issledovaniya processov uplotneniya katkami gruntov i asfal'tobetonnyh smesey: av-toref. dis. d-ra tekhn. nauk]. SibADI. Omsk, 2005. 44 p.
5. Zaharenko A.B. Determination of the clutch drum road roller with a sealing material factor [Opredelenie koehfficien-ta scephleniya val'ca dorozhnogo katka s uplotnyae-mym materialom]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2005, no 8. pp. 30-31.
6. Zaharenko A.B. Control vector force action roller road roller [Upravlenie vektorom silo-vogo vozdeystviya val'ca dorozhnogo katka]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2005, no 4. pp. 40-43.
7. Kostel'ov M.P. New method of compaction of road construction materials [Novyj sposob uplotneniya dorozhno-stroitel'nyh materialov]. *Avtomobil'nye dorogi*, 1991, no 6. pp.13-15.
8. Kostel'ov M.P. The church, MP seal asphalt concrete requires an updated generation of rollers [Uplotneniyu asfal'tobe-tona trebuetsya obnovlennoe pokolenie dorozhnyh katkov]. *Dorozhnaya tekhnika i tekhnologiya: katalog-spravochnik*. St. Petersburg: Slavutich, 2003. pp. 12-22.

Дубков Валерий Витальевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д.5., e-mail: dubkovvv.74@mail.ru).

Базинская Алена Михайловна (Россия, г. Омск) – магистрант, ФГБОУ ВО «СибАДИ», гр. ЭТКм-15Т1 (644080, г. Омск, пр. Мира, д.5., e-mail: bazinskaya1993@bk.ru).

Dubkov Valery Vitalievich (Omsk, Russian Federation) – candidate of technical Sciences, associate Professor Sibirskaya State Automobile and Highway Academy (SibADI)(644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation., e-mail: dubkovvv.74@mail.ru).

Bazinskaya Alena Mikhailovna (Omsk, Russian Federation) – undergraduate, Sibirskaya State Automobile and Highway Academy (SibAD) (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation., e-mail: bazinskaya1993@bk.ru).

УДК.669.017:621.78

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОДИФИКАТОРОВ ПРИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОМ КОКИЛЬНОМ ЛИТЬЕ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ В ТРАНСПОРТНОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

С.Н. Жеребцов¹, Е.А. Чернышов¹, А.А. Александров², В.И. Гурдин²
¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет (НГТУ)»
им. Р.Е. Алексеева, Россия, г. Нижний Новгород
²ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. Представлены результаты исследований, теоретических разработок и практических испытаний изделий, полученных с совместным использованием процессов модифицирования и технологии высокотемпературной обработки расплава никелевых сплавов при электрошлаковом кокильном литье, подтверждающие эффективность применения разработанных технологий для повышения физико-механических свойств изделий и служебных характеристик металла.

Ключевые слова: электрошлаковое кокильное литье, модифицирование, жидкий металл, шлак, технологические параметры, физико-механические свойства, никелевый сплав.

Введение

Повышение эффективности и надежности работы изделий, применяемых в авиации, космонавтике, автомобилестроении, теплоэнергетике, в газовом хозяйстве во многом определяется достигнутым уровнем служебных характеристик литых изделий из никелевых жаропрочных сплавов. Прогресс в этой области связан с использованием технологических приемов физического и химического воздействия на жидкий металл, в процессе плавки, разлива, сварки. Достижение высокого уровня физико-механических свойств металла и производства годных изделий высокого качества требует решения комплекса задач практического и теоретического плана, связанного с выплавкой и формированием требуемой структуры отливок. Существенные резервы управления структурой и служебными свойствами отливок открывает использование методов энергетического воздействия на жидкий металл, среди которых важное место занимают модифицирование ультрадисперсными порошками (УДП) и высокотемпературная обработка расплавов (ВТОР).

Особо актуальной представляется проблема изготовления, высококачественных заготовок с использованием энерго- и ресурсосберегающих технологий, среди которых весьма заметную роль в последние годы играют электрошлаковые технологические процессы, такие как электрошлаковый переплав,

электрошлаковое литье, электрошлаковое кокильное литье (ЭШКЛ) и электрошлаковая сварка. Несмотря на явные преимущества электрошлаковых технологий, разработанных в Институте электросварки им. Е.О. Патона, АН Украины, г. Киев, информация о которых широко опубликована, литой электрошлаковый металл заготовок из таких материалов по механическим свойствам и служебным характеристикам изделий обычно уступает поковкам из металла: вакуумно-дугового, вакуумно-индукционного (ВИП) переплавов.

Реализация преимуществ электрошлаковых технологий при производстве таких заготовок связана, прежде всего, с решением проблемы повышения свойств литого электрошлакового металла до уровня получаемого обработкой давлением. Достижение более высоких показателей свойств литого металла возможно в основном по двум направлениям: модифицированием его структуры путем введения ультрадисперсных порошковых комплексов (УДПК) в процессе кристаллизации и повышением металлургической чистоты расплава в процессе переплава расходуемого электрода в плавильной емкости, а также практическим применением в производственных условиях технологии ВТОР.

Электрошлаковому переплаву подвергали никелевые жаропрочные литейные сплавы типа: ЖС6-У, ЖС6-К, ЖС3-ДК, во время переплава вводили модификаторы

различного химического состава-(TiCN-Ti-Cr, TiCN-Ti-Ni, TiCN-Ti-Y, TiCN-Ti-Mo, TiCN-Ti-Va, в статье представлены результаты исследования с модификатором Ti(C_xN_y)-Ti. В процессе ЭШКЛ производили технологический перегрев расплавленного металла в плавильной емкости – для проверки нашего предположения о положительном влиянии технологии ВТОР совмещенной с процессом модифицирования жидкого металла на структуру и физико-механические свойства отливаемого изделия [1, 3].

Металл плавил и разливали в установке электрошлакового литья А550-У, УШ-148 варьируя температуру введения добавки,

состав модификатора, время выдержки, температуру жидкого металла, шлака, силу тока, напряжение в процессе переплава, температуру охлаждающей жидкости и т.д.

На рисунке 1 приведена реальная схема процесса переплава расходуемого электрода из сплава ЖС6-У под слоем защитного синтетического флюса марки CaF₂-Al₂O₃ в охлаждаемой автогарнисажной плавильной емкости [1, 2, 3]. Температура нагрева жидкого металла достигала от 1900 °С до 2040 °С, а жидкого флюса соответственно от 2150 °С до 2320 °С.

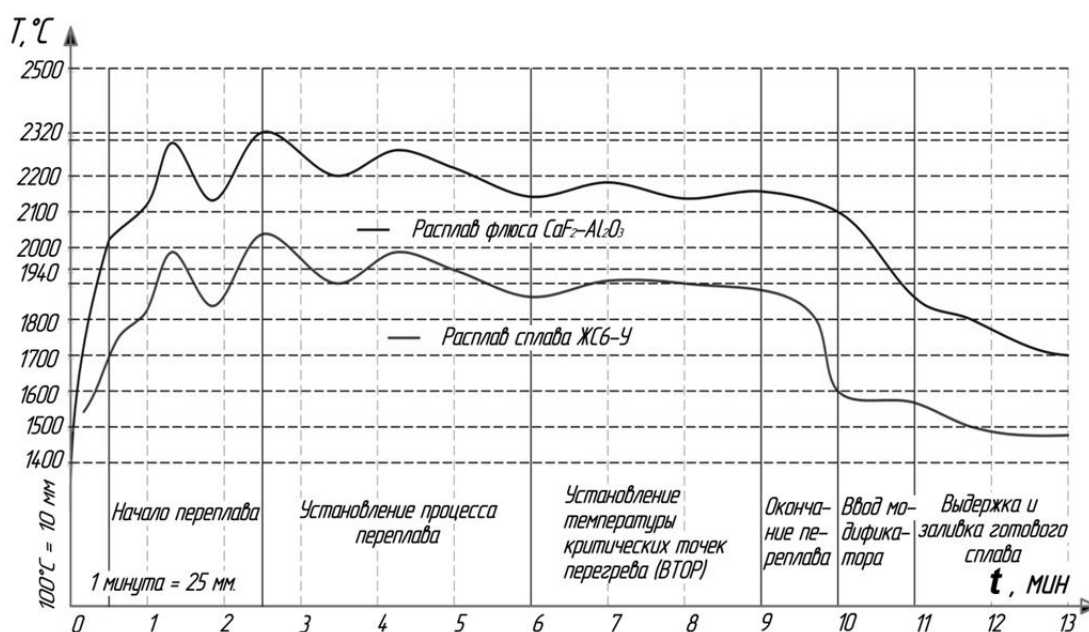


Рис. 1 Температурно-временная зависимость процесса ЭШКЛ+ВТОР расходуемого электрода из сплава ЖС6-У в плавильной емкости

Контроль и запись токовых режимов электрошлакового переплава расходуемого электрода в плавильной емкости производились с помощью электронного потенциометра КСП-4, контроль скорости плавления электрода осуществляется с помощью датчика веса в комплекте с самописцем ПСР-1. Температура охлаждающей жидкости (вода) на входе и выходе из поддона плавильной емкости контролировалась электронным автоматическим многоточечным потенциометром ЭПР-09РМЗ. Для прямого замера температуры жидкого металла и шлака в плавильной емкости на протяжении всего процесса переплава расходуемого электрода применялась вольфрам-рениевая

термопара типа ВР5(20)5 в защитном корпусе из тугоплавкого металла.

Модифицирование после ВТОР с введением УДПК, разработанного на базе TiCN-Ti в диапазоне температур при 1450-1470 °С, 1580-1600 °С, 1720-1740 °С, потребовало применения технологии подстуживания жидкого металла, для повышения эффекта модифицирования за счет снижения продолжительности времени выдержки от момента введения УДПК в жидкий металл, с последующей заливкой в кокиль и до начала процесса кристаллизации сплава в литейной форме [3, 4].

Перевод расплава никелевых сплавов в равновесное состояние при воздействии высокотемпературной обработки расплава осуществляют перегревом выше второй

критической температуры $t_{к2}$ 1830 °С (для ЖСЗ-ДК и ЖС6-У), и 1800 °С для ЖС6-К. Необходимую температуру перегрева расплава ЖСЗ-ДК, ЖС6-К, ЖС6-У для перевода его в равновесное состояние определили по изменению кинематической вязкости и удельного сопротивления в жидком состоянии [6, 7].

На поллитерах структурно-чувствительных свойств никелевого сплава ЖСЗ-ДК можно выделить два температурных интервала, в которых, по-видимому, происходят интенсивные изменения структуры расплава. В низкотемпературной области 1550-1650 °С аномальный характер изменения свойств связан с разрушением неравновесных группировок атомов, соответствующих по составу и строению

интерметаллидной γ' -фазе, а в интервале температур 1780-1830 °С осуществляются полная диссоциация и растворение тугоплавких соединений находящихся в расплаве.

С учетом результатов опытов был выбран следующий температурный режим плавки и модифицирования: перегрев до 1840-1850 °С, выдержка 5-10 мин; температура введения УДПК не должна превышать 1700 °С. Оптимальную температуру введения модификатора установили по изменению механических свойств образцов из сплава ЖСЗ-ДК, полученных с использованием технологии электрошлакового кокильного литья (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние температуры введения модификатора после ВТОР при ЭШКЛ (1830°С) на механические свойства сплава ЖСЗ-ДК

Температура введения, Т °С	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %
1570	1086/1074/1071	793/820/791	18,9/14,0/18,8	21,2/20,0/22,4
Среднее	1077	801	17,2	21,2
1610	1056/1075/1036	802/804/794	18,8/18,0/14,8	20,8/20,1/20,5
Среднее	1055	800	17,2	20,4
1650	1162/1162/1152	843/843/839	16,0/16,8/16,0	19,7/20,4/18,1
Среднее	1158	841	16,3	19,4
Паспорт	900	760	14,0	16,0

В качестве оптимизируемых технологических параметров ЭШКЛ были взяты: температура перегрева расплава при ВТОР, температура ввода УДПК в расплав, температура заливки, время выдержки от момента ввода модификатора до заливки и количество вводимых УДПК. В качестве функций сравнения использовали относительное удлинение, предел прочности, ударную вязкость и длительную жаропрочность исследуемых сплавов ЖС6-У, ЖСЗ-ДК, ЖС6-К, согласно ОСТ 1 90126-85.

Механические свойства испытанных образцов, вырезанных из отливок, свидетельствуют о том, что совмещение ВТОР с модифицированием и принудительным охлаждением расплава, позволяет увеличить прочность изделия на 220-250 МПа, при росте пластичности примерно в два раза.

Следует отметить, что при последовательном увеличении нагрузки на испытуемый образец, сопротивление разрушению модифицированного сплава повышается. Это может быть связано с диссипацией энергии на блоках структуры,

окружающей модифицированные карбиды, а также меньшим углом «разориентировки» самих зерен модифицированного сплава [4].

Исследование длительной прочности на образцах, вырезанных из отливок сплава ЖС6-У, указывает, что показатель длительной прочности у модифицированного сплава выше на 80÷140 МПа, чем немодифицированного. Образцы из модифицированного сплава ЖСЗ-ДК после ЭШКЛ по сравнению с ВИП выдерживают нагрузку 700-920 МПа при 700 °С, при длительности испытания более 150-265 ч (таблица 2). Выполненные исследования наглядно показывают, что ЭШКЛ по сравнению с ВИП более прогрессивная технология переплава высоколегированных никелевых сплавов.

Свойства модифицированного сплава ЖС6-У, подвергнутого ВТОР при ЭШКЛ, верхняя критическая точка для сплава ЖС6-У составляет 1830 °С, а нижняя 1650 °С. Продолжительность выдержки расплава при 1830 °С принимали равной 10 мин. Модификаторы вводили при 1650 °С. Исследование механических свойств

образцов показало, что свойства модифицированного сплава улучшились по сравнению со сплавом после ВТОР без

модифицирования. При этом повысились: σ_B – на 10-15%, δ – на 35-47%, ψ – на 45-58%.

Таблица 2 – Длительная прочность образцов модифицированного сплава ЖС-ЗДК, вырезанных отливок ($t_{исп}$ -700°C)

Переплав	Нагрузка σ , МПа	Время до разрушения, ч	δ , %	ψ , %
ВИП	680/720/740	100/106/97	4,7	5,6
ВИП	688/720/740/760/780	100/100/100/100/168	3,1	3,7
ВИП	680/740	100/93	4,3	6,8
ЭШКЛ	870/920	265/155	6,8	7,5
ЭШКЛ	880/910	240/180	5,4	6,3
ЭШКЛ	680/700	150/130	3,4	5,1
ВИП	820/800	130/145	5,2	4,0

Размер макрозерна в отливках из модифицированного сплава при ЭШКЛ + ВТОР составил в среднем 0,7-1,2 мм, карбиды приобрели компактную форму, их средний размер составил 3-5 мкм. Наилучшие сочетания структуры и свойств сплавов ЖС6-К, ЖС6-У получены при введении УДП комплекса при 1580°C и выдержке 5 мин с последующей разливкой при 1490-1510 °С.

Циклическая устойчивость полученных различными способами производства ВИП и ЭШКЛ образцов из модифицированного сплава ЖС6-У при 20 °С, при испытании на резонансной частоте и базе $2 \cdot 10^7$ циклов, увеличивается от 166 МПа до 200 МПа.

Исследование длительной прочности образцов модифицированного сплава ЖС6-У при различных температурах и нагрузках показало, что при 100-часовой нагрузке на образец она может быть увеличена до 30 МПа. По сертификату завода изготовителя $\sigma_B=1000-1050$ МПа; $\delta = 3-5\%$; $\psi = 4-8\%$; $\sigma_{100}^{1000} = 170$ МПа. Это связано с тем, что детали машин (энергетические установки, лопатки, ротора газотурбинных двигателей, изделия «Сердечник рогообразный» и др.), работающих в условиях высоких температур и агрессивных газовых средах, воспринимают большие знакопеременные механические нагрузки.

Необходимо отметить, что особенности структуры жаропрочных никелевых сплавов, отлитых с применением ВТОР, требуют изменения режимов термической обработки изделий для получения максимальной жаропрочности: нагрев до температуры растворения 10% γ' -фазы с охлаждением на воздухе и старения при температуре начала растворения γ' -фазы. Отмечено, что повышение скорости охлаждения металла отливки способствует измельчению карбидов

MeC при кристаллизации и γ' -фазы при распаде γ -фазы в интервале температур 1400-1500°C.

Для отработки комбинированной технологии ВТОР и модифицирования был проведен ряд опытных плавов сплавов ЖС6-У, ЖС6-К, ЖС3-ДК и т.д. В результате были определены рациональные режимы получения отливок, позволяющие повысить физико-механические свойства металла за счет улучшения строения карбидной и γ' -фазы путем увеличения скорости процесса направленной кристаллизации при охлаждении.

Варьирование параметров процесса разливки позволило оценить влияние температуры введения модификатора и его состава на механические свойства сплава. Наиболее высокие и стабильные свойства получены при модифицировании 0,025% TiCN-Ti от массы заливаемого металла, при температуре введения добавки 1650-1670 °С [1, 4, 5, 8].

Был принят следующий режим плавки и разливки сплава ЖС6-У в изделие «Сердечник рогообразный»: ВТОР при 1740 °С, выдержка 10-20 мин., введение модификатора при 1670 °С, температура заливки 1530 °С [3, 4].

Следует отметить, что общий уровень механических свойств всех образцов из сплавов ЖС6-У после ВТОР и модифицирования выше по сравнению с сертификатом ОСТ 1 90126-85: σ_B – на 140-320 МПа, $\delta\%$ – в 2-4 раза, причем он достигнут без посторонних кристаллов, образующихся при охлаждении.

В процессе выполнения работы был широко опробован технологический процесс объемного модифицирования сплавов ЖС 6-У, ВЖЛ12-У, ЖС3-ДК, позволивший увеличивать их пластичность в 1,5-2 раза и

поднять предел циклической выносливости на 25-40 % [1, 4, 6].

Выводы

На основе проведенных экспериментальных плавов с заливкой образцов и их испытаний определены составы модифицирующих комплексов, применение которых оказывает положительное влияние на увеличение физико-механических свойств изучаемых жаропрочных литейных никелевых сплавов.

Получены сравнительные характеристики и результаты испытаний физико-механических свойств и служебных характеристик изделий, произведенных ВИП и ЭШКЛ с применением комбинированной технологии модифицирования и ВТОР, а также определены реальные параметры прямых замеров температуры жидкого металла и шлака при переплаве ряда жаропрочных никелевых сплавов в автогарнисажной плавильной емкости на протяжении всего технологического процесса изготовления изделий ЭШКЛ.

Практическое применение ВТОР совместно с модифицированием позволило получить стабильные служебные свойства отливок, а также повысить механические свойства сплавов выше уровня механических свойств серийных сплавов указанных в сертификатах на металлы, поставляемые заводами изготовителями.

Библиографический список

1. Жеребцов, С.Н. Применение метода высокотемпературной обработки жаропрочного сплава при литье изделия «Сердечник рогообразный»./ С.Н. Жеребцов // Литейщик России. – 2005 – № 7. – С. 37-39.
2. Жеребцов, С.Н. Применение технологии электрошлакового переплава для производства изделия из хромоникелевых сплавов / С.Н. Жеребцов // Технология машиностроения. – 2006. – № 5. – С 12-14.
3. Жеребцов, С.Н. Применение наноматериалов и высокотемпературной обработки никельхромовых сплавов при электрошлаковом литье : дис. канд. техн. наук. – Новокузнецк, 2006. – 213 с.
4. Ларинов, В.Н. Применение высокотемпературной обработки расплава при монокристалльном литье лопаток турбин на установке УВНК-8П / Ларинов, В.Н. // М.: Авиационная промышленность. – 1989. – Приложение № 2. – С. 30-34.
5. Еремин, Е.Н. Повышение качества литого металла при электрошлаковом переплаве жаропрочных никелевых сплавов./

Е.Н. Еремин, С.Н. Жеребцов, В.Г. Радченко // М.: Известия Вузов. Черная металлургия. 2003, – № 8 – С. 15-18.

6. Колотухин, Э.В. Совершенствование технологии выплавки и повышение качества жаропрочных сплавов на основе исследования их удельного электросопротивления: дис. канд. техн. наук: 05.16.02 / Б.В. Николаев // – Екатеринбург, 1992. – 122 с.

7. Барышев, Е.Е. Влияние структуры расплава на свойства жаропрочных никелевых сплавов в твердом состоянии./ Е.Е. Барышев, А.Г. Тягунов, Н.Н. Степанова // УрО РАН – Екатеринбург, 2010. – 198 с.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF IMPACT MODIFIERS AT ELECTROSLAG CHILL CASTING NIKILEVYH HEAT-RESISTANT ALLOYS THE TRANSPORT ENGINEERING

S.N. Zherebtsov, E.A. Chernyshov,
A.A. Aleksandrov, V.I. Gurdin

Abstract. The results of the research, theoretical development and practical tests of products derived from the process of sharing and modification of high-temperature melt processing techniques (second) nickel alloys at electroslag chill casting, confirming the effectiveness of the technologies developed for improving the physical and mechanical properties of the product and service characteristics of the metal.

Keywords: electroslag chill casting, modification, liquid metal, slag, technological parameters, mechanical properties, nickel alloy.

References

1. Zherebtsov S.N. Application of high temperature treatment of heat-resistant alloy for casting products «horn-shaped core» [Primenenie metoda vysokotemperaturnoj obrabotki zharoprochnogo splava pri lit'e izdeliya "Serdechnik rogoobraznyj"]. *Litejshchik Rossii*, 2005, no 7. pp. 37-39.
2. Zherebtsov S.N. The use of electro-slag remelting technology for the production of products made of chromium-nickel alloy [Primenenie tekhnologii ehlektroshlakovogo pereplava dlya proizvodstva izdeliya iz hromonikelevyh splavov]. *Tekhnologiya mashinostroeniya*, 2006, no 5. pp 12-14.
3. Zherebtsov S.N. *The use of nanomaterials and high-temperature processing nickelchromoviy alloys at electroslag casting: dis. cand. tehn. sciences* [Primenenie nanomaterialov i vysokotemperaturnoj obrabotki nikel'hromoviy splavov pri ehlektroshlakovom lit'e: dis. kand. tekhn. nauk]. Novokuzneck, 2006. 213 p.
4. Larinov V.N. *The use of high-temperature melt processing at single-crystal casting of turbine blades*

at the facility UVNK-8P [Primenenie vysokotemperaturnoj obrabotki rasplava pri monokristal'nom lit'e lopatok turbin na ustanovke UVNK-8P]. Moscow, Aviacionnaya promyshlennost'. 1989. Prilozhenie № 2. pp. 30 – 34.

5. Eremin E.N., Zherebcov S.N., Radchenko V.G. *Improving the quality of the cast metal at electroslag remelting heat-resistant nickel alloys* [Povyshenie kachestva litogo metalla pri ehlektroshlakovom pereplave zharoprochnyh nikelevyh splavov]. Moscow, Izvestiya Vuzov. Chernaya metallurgiya. 2003, no 8. pp. 15-18.

6. Kolotuhin E.H.V. *Improving the technology of smelting and improving the quality of high-temperature alloys on the basis of study of their electrical resistivity: dis. cand. tehn. sciences* [Sovershenstvovanie tekhnologii vyplavki i povyshenie kachestva zharoprochnyh splavov na osnove issledovaniya ih udel'nogo ehlektrosoprotivleniya: dis. kand. tekhn. Nauk]. Sverdlovsk, 1990. 150 p.

7. Baryshev E.E., Tyagunov A.G., Stepanova N.N. *Impact melt structure on the properties of heat-resistant nickel alloys in the solid state* [Vliyaniye struktury rasplava na svoystva zharoprochnyh nikelevyh splavov v tverdom sostoyanii]. UrO RAN, Ekaterinburg, 2010. 198 p.

Жеребцов Сергей Николаевич (Россия, г. Нижний Новгород) – кандидат технических наук, доцент, доцент Нижегородского государственного технического университета им. П.Е. Алексеева (г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, e-mail: s.n.zherebtzov@mail.ru).

Чернышов Евгений Александрович (Россия, г. Нижний Новгород) – доктор технических наук, профессор, профессор Нижегородского государственного технического университета

им. П.Е. Алексеева (г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24).

Александров Александр Александрович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, доцент, профессор ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: omsk-aaa@rambler.ru).

Гурдин Виктор Иванович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор, профессор ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Zherebtsov Sergey Nikolaevich (Russian Federation, Nizhny Novgorod) – candidate of technical sciences, the associate professor, the associate professor of the Nizhny Novgorod state technical university of R. E. Alekseeva (Nizhny Novgorod, Minin St., 24, e-mail: s.n.zherebtzov@mail.ru).

Chernyshov Evgeny Aleksandrovich (Russian Federation, Nizhny Novgorod) – doctor of technical sciences, professor, professor of the Nizhny Novgorod state technical university of R. E. Alekseev (Nizhny Novgorod, Minin St., 24).

Alexandrov Alexander Aleksandrovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, the associate professor, professor The Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: omsk-aaa@rambler.ru).

Gurdin Victor Ivanovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor, professor The Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5).

УДК 621.879.48

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОПАНИЯ ГРУНТОВ РОТОРНО-ДИСКОВЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ПОД ГИДРОСТАТИЧЕСКИМ ДАВЛЕНИЕМ

Р.А. Кабашев¹, С.Дж. Тургумбаев²

¹Казахская автомобильно-дорожная академия им.Л.Б. Гончарова, Алматы, Казахстан;

²Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызстан.

Аннотация. В результате проведенных экспериментальных исследований получены закономерности влияния гидростатического давления на процесс копания грунтов ножами роторно-дискового рабочего органа. Установлено, что для связных грунтов сопротивление копанию грунта ножами роторно-дискового рабочего органа увеличивается с ростом значения гидростатического давления (глубины погружения рабочего органа). Приведена конструкция стенда физического моделирования для изучения процесса копания грунтов ножами роторно-дискового рабочего органа под гидростатическим давлением. Глубина погружения рабочего органа в жидкую среду моделировалась созданием соответствующего гидростатического давления в герметичном корпусе стенда. На основе тензометрических записей получены значения касательной составляющей усилий копания грунтов и значения тягового сопротивления копания траншеи под гидростатическим давлением.

Ключевые слова: рабочий орган, роторный диск, режущий нож, гидростатическое давление, копание грунта.

Введение

При строительстве подземных сооружений получает распространение прогрессивный способ «стена в грунте», сущность которого заключается в разработке глубоких траншей под слоем глинистого раствора [1, 2]. Освоение дна морей и океанов, проведение дноуглубительных работ, прокладка на дне водоемов трубопроводов и линий связи, сооружение платформ для выращивания морских организмов на большой глубине требует разработки грунтов под слоем водной среды [3]. Глубина погружения рабочих органов в этом случае примерно соизмерима с глубиной практической разработки траншеи при строительстве способом «стена в грунте» (20-50 м и более), а процесс резания и копания грунтов происходит под воздействием гидростатического давления, создающегося за счет глубины погружения рабочих органов в среду воды или глинистого раствора [4, 5]. Для разработки траншеи в тяжело разрабатываемых грунтах применяют рабочее оборудование роторно-дискового типа, обеспечивающее минимизацию тягового усилия за счет передачи энергии непосредственно к рабочим органам [6].

Вместе с тем процесс взаимодействия рабочего органа экскаваторов роторно-дискового типа с грунтом при наличии жидкой среды изучен недостаточно. Гидростатическое давление жидкой среды, которое становится доминирующим фактором, влияющим на процесс копания, с ростом глубины разработки траншеи, влияет на энергоемкость копания грунтов [7]. В связи с этим исследование эффективности роторно-дисковых рабочих органов землеройных машин, работающих под гидростатическим давлением, является актуальной задачей.

Стенд для экспериментального исследования

Для выявления основных закономерностей копания грунтов под гидростатическим давлением были проведены экспериментальные исследования с роторно-дисковыми рабочими органами на специальном стенде физического моделирования (рис. 1 и 2), выполненного на уровне изобретения [8]. Стенд включает герметичный корпус 1, заполненный жидкостью (водой) под гидростатическим давлением, размещенный в нем роторный

диск 5 с режущими ножами 4. Роторный диск 5 и барабан 3 своими подшипниковыми опорами и валами установлены между собой и соединены упругой муфтой. Один конец приводного каната 6 закреплен и намотан на барабан 3, другой конец каната 6 закреплен к корпусу 1 через кольцевое тензозвено 8 (рис. 2). Роторный диск 5 посредством тензостойки 12 и траверсы 13 соединен с направляющими штоками 10 приводного гидроцилиндра 9. На поверхности тензостойки 12 наклеены тензодатчики 14, с помощью которых измеряется тяговое сопротивление. Барабан 3 со своим валом и подшипниковой опорой также через стойки соединен с траверсой 13. Грунт 2 подготавливается в грунтовом контейнере 7 вне герметичного корпуса 1. Подготовленный грунт 2 с требуемой прочностью, оцениваемой ударником ДорНИИ, помещается в герметичный корпус 1 и закрывается крышкой люка 17. Далее, жидкость (вода) через трубопровод 15 заливается в герметичный корпус 1, после заполнения вентиль закрывается. От источника давления в герметичном корпусе 1 создается необходимое гидростатическое давление. Гидростатическое давление в герметичном корпусе моделирует глубину погружения рабочего органа землеройных машин в глинистый раствор (водную среду) траншеи. С помощью гидравлического насоса и распределительных систем приводятся в движение направляющие штоки 10 от приводного гидроцилиндра 9. Происходит продольное перемещение траверсы 13, роторного диска 5 и барабана 3 со скоростью v (рис. 2). При этом за счет натяжения приводного каната 6 происходит вращение барабана 3 и роторного диска 5 с встроенными режущими ножами 4 с угловой скоростью ω . Таким образом, за счет одновременного поступательного и вращательного движения режущих ножей 4 происходит процесс копания грунта роторно-дисковым рабочим органом под гидростатическим давлением. Особенностью стенда является обеспечение вращательного движения роторно-дискового рабочего органа без применения специального двигателя внутри герметичного корпуса. Параметры герметичного корпуса были приняты из условий исключения влияния боковых стенок камеры на исследуемый процесс.

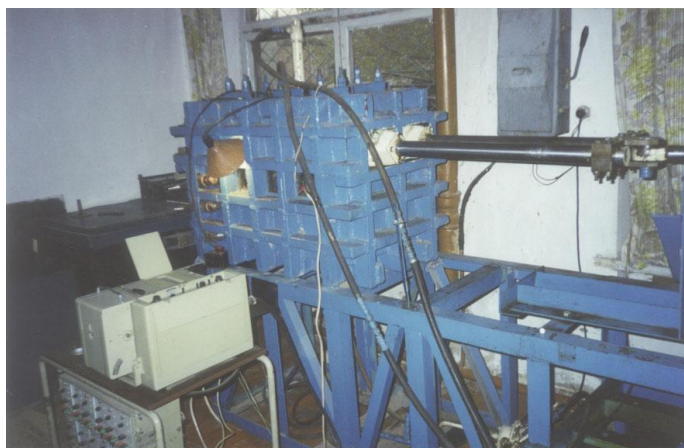


Рис. 1. Стенд для исследования процесса копания грунтов под гидростатическим давлением

Запись тангенциальной составляющей усилий копания грунтов роторно-дисковым рабочим органом производилась от датчиков, установленных на кольцевом тензозвене 8, а запись тяговых усилий копания – от датчиков 14, установленных на тензостойке 12 (рис. 3). Значения тангенциальной составляющей усилия копания грунта определялись расчетным путем из данных, записанных с

кольцевого тензозвена 8. Физические модели рабочих органов изготовлены в масштабе 1:10 по отношению к натурному образцу рабочего органа (рис. 4). Режущая часть ножей выполнена с затупленной передней кромкой с углом заострения 25° и задним углом 7° . Наружный диаметр роторного диска с режущими ножами составлял 250 мм, диаметр барабана – 100 мм.

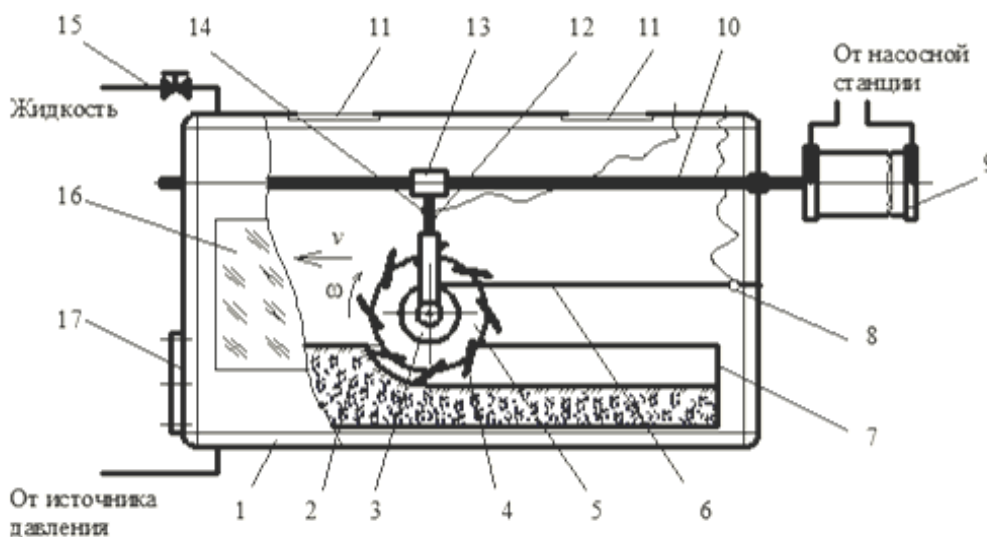


Рис. 2. Схема копания грунта роторно-дисковым рабочим органом: 1 – герметичный корпус; 2 – грунт; 3 – барабан; 4 – режущий нож; 5 – роторный диск; 6 – приводной канат; 7 – грунтовой контейнер; 8 – кольцевое тензозвено; 9 – приводной гидроцилиндр; 10 – направляющий шток; 11 – верхний иллюминатор; 12 – тензостойка; 13 – траверса; 14 – тензодатчик; 15 – трубопровод; 16 – боковой иллюминатор; 17 – крышка люка грунтового контейнера

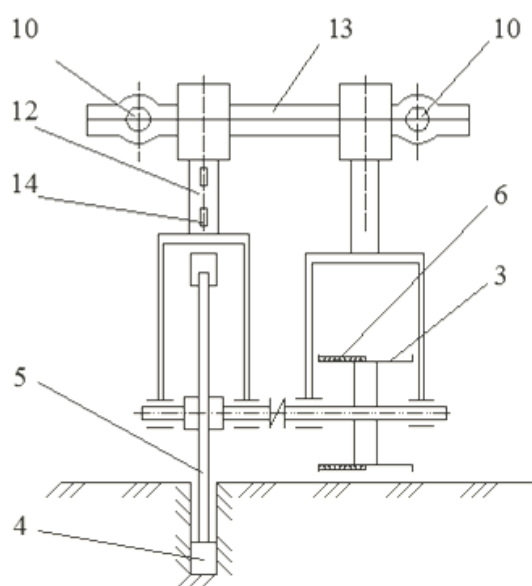


Рис. 3. Схема наклеивания датчиков тягового сопротивления: 3 – барабан; 4 – режущий нож; 5 – диск; 6 – приводной канат; 10 – направляющий шток; 12 – тензостойка; 13 – траверса; 14 – тензодатчик

прочности грунта, оцениваемой ударником ДорНИИ 1, 3 и 4 удара, угле резания 40 градусов, скорости копания 4 см/с глубиной траншеи 60 мм, шириной траншеи 20 мм. Гидростатическое давление варьировалось в пределах от 0 до 1,0 МПа.



Рис. 4. Роторно-дисковый рабочий орган, установленный в герметичном корпусе

Результаты экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводились на суглинистом грунте при

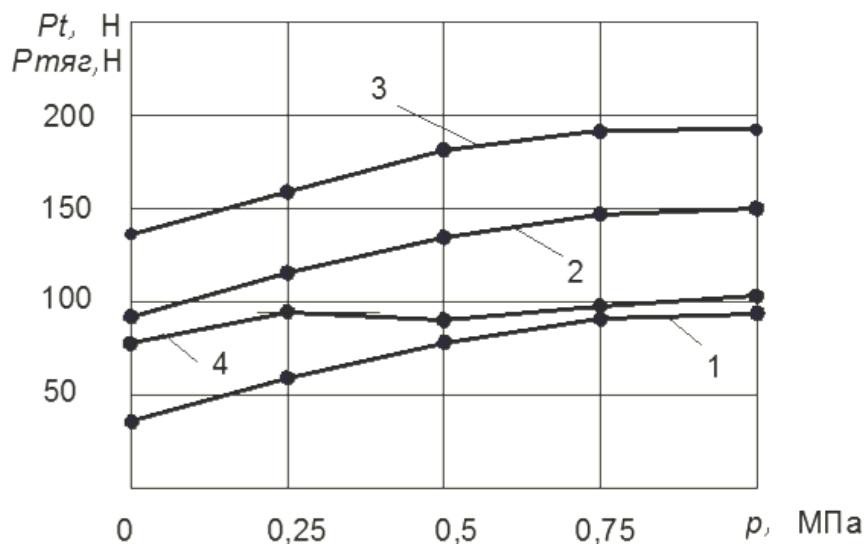


Рис. 5. Экспериментальная зависимость тангенциальной составляющей усилия копания P_t и тягового усилия копания $P_{тяг}$ от гидростатического давления (ширина копания траншеи $b = 20$ мм): 1 – для прочности грунта $C = 1$; 2 – для прочности грунта $C = 3$; 3 – для прочности грунта $C = 4$; 4 – экспериментальная зависимость тягового сопротивления от гидростатического давления при копании траншеи

На рисунке 5 представлены результаты экспериментальных исследований копания грунтов роторно-дисковыми рабочими органами под гидростатическим давлением. Установлено, что с увеличением гидростатического давления, сопротивление копанию грунтов увеличивается. Так, при прочности грунта $C = 3$ удара ударником ДорНИИ, ширине копания траншеи $b = 20$ мм и гидростатическом давлении $p = 0,5$ МПа усилие копания на один нож роторно-дискового рабочего органа достигает до 134 Н. При возрастании гидростатического давления до 1 МПа (глубина погружения в водную среду примерно на 100 м) усилие копания увеличилось до 150 Н. Это означает, что при указанных условиях усилие копания при гидростатическом давлении 1 МПа возросло в 1,6 раза по сравнению с отсутствием гидростатического давления (вблизи поверхности водной среды). Для сравнения: усилие копания грунта при этих же условиях, но при отсутствии гидростатического давления ($p=0$) составляло 92 Н (линия 2 рис. 5). А при «сухом» резании (при обычных условиях копания, т.е. при копании грунтов без водной среды) усилие копания составляло 108 Н.

Интенсивность роста усилия копания грунтов ножами роторно-дискового рабочего органа от гидростатического давления сохраняется и для грунтов различной несущей способности, оцениваемой числом ударника ДорНИИ (линии 1 и 3 рис. 5). Касательная составляющая усилия копания P_t для грунтов с числом ударника $C = 1$ при гидростатическом давлении 0 МПа (вблизи поверхности водной среды) составляла 35 Н, при гидростатическом давлении 0,5 МПа – 78 Н, а при гидростатическом давлении 1,0 МПа усилие копания возросло до 94 Н (линия 1 рис. 5). При числе ударов $C = 4$ касательная составляющая усилия копания грунта P_t также возросла с ростом гидростатического давления. Как видно на рисунке 5 (линия 3), при гидростатическом давлении 0,25 МПа усилие копания составляло 156 Н, при гидростатическом давлении 0,5 МПа – 178 Н, а при гидростатическом давлении 0,75 МПа – 195 Н.

Вышеприведенные экспериментальные результаты показывают, что для связных (суглинистых, глинистых) грунтов усилие копания возрастает с увеличением гидростатического давления, которое связано с увеличением силы трения в поверхности скольжения перед режущими ножами и силы

трения между движущейся стружкой и передней гранью ножа роторно-дискового рабочего органа.

Опыты, проведенные с несвязными (песчаными) грунтами показали, что влияние гидростатического давления на усилие копания грунтов отсутствует.

Как видно из рисунка 5, гидростатическое давление водной среды мало влияет на тяговое усилие рабочего органа. Для одинаковых условий копания (ширина копания траншеи $b = 20$ мм, угол резания $\alpha = 40^\circ$, прочность грунта, оцениваемая числом ударов ударником ДорНИИ $C = 3$, глубина копания траншеи $H = 60$ мм) тяговое сопротивление копанию грунтов роторно-дисковым рабочим органом составило $P_{\text{тяг}} = 78$ Н, 90 Н и 103 Н для значений гидростатического давления соответственно $p = 0$ МПа, 0,5 МПа и 1,0 МПа. Рост тягового сопротивления при копании траншей составил всего 32 % при увеличении глубины копания под водой до 100 м.

Выводы

1. Экспериментальными исследованиями установлено влияние гидростатического давления на процесс копания связных грунтов ножами роторно-дискового рабочего органа. При копании траншей роторно-дисковыми рабочими органами, оснащенными режущими ножами, тангенциальная составляющая усилия копания возрастает с увеличением гидростатического давления для различных значений прочности грунта.

2. При копании траншеи в грунте влияние гидростатического давления на тяговое сопротивление незначительное.

Библиографический список

1. Вильман, Ю.А. Технология строительных процессов и взведения зданий. Современные и прогрессивные методы / Ю.А. Вильман – М.: Издательство АСВ, 2014. – 336 с.

2. Кадыров, А.С. Определение сил сопротивления движению рабочего инструмента фрезерной землеройной машины в глинистом растворе / А.С. Кадыров, А.С. Нурмаганбетов // Строительные и дорожные машины. – 2012. – № 2. – С. 47-52.

3. Добрецов, В.Б. Мировой океан и континентальные водоемы: минеральные ресурсы, освоение, экология / В.Б. Добрецов, В.А. Рогалев, Д.С. Опришко. – СПб.: Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы. – 2007. – 796 с.

4. Small Scale Dredging. – Boston: Lincolnshire, UK, 2014. – 21 p.

5. Beindorff R. Calculations on Forces and Velocities of a Submarine Narrow Trench in Sandy Soil / R.Beindorff, S.Miedema, L.Baalen // *Terra et Aqua*. – 2012. – No 126, – P. 13-24.

6. Setiwan R. Parametric Analysis on Off-shore Dredging Process using Cutter Suction Dredgers / R.Setiwan // *ACEAN Engineering Journal*. – 2015. – Part A, Vol 6, No 1– P. 37-46.

7. Недорезов, И.А. Влияние гидростатического давления на работу траншеекопателей при строительстве способом «стена в грунте» / И.А. Недорезов, Д.И. Федоров, Ж.Ж. Тургумбаев // *Транспортное строительство*. – 1979. – № 7. – С. 47-48.

8. Авторское свидетельство 1700159 (СССР), МПК Е 02 F 3/92. Стенд для подводного резания грунтов / Д.Д. Тургумбаев, И.А. Недорезов, Н.Р. Нурманбетов, К. Исаков; Бишкекский политехнический институт (SU); № 4717351/03; заявл. 11.06.1989; опубл. 23.12.1991. Бюл. № 47. 3 с.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE PROCESS OF DIGGING SOIL ROTARY-DISK WORKING BODIES UNDER HYDROSTATIC PRESSURE

R. A. Kabashev, S.Zh.Turgumbaev

Abstract. As a result of experimental studies the obtained regularities of influence of hydrostatic pressure on the process of soil digging knives of a rotary disk of the working body. It is found that for cohesive soils, the resistance to digging of the soil by the knives of a rotary disk of the working body increases with increasing values of the hydrostatic pressure (the depth of immersion of the working body). The design of stand of physical modeling to study the process of soil digging knives of a rotary disk of the working body under hydrostatic pressure. The depth of immersion of the working body in a liquid was simulated by the creation of a corresponding hydrostatic pressure in the hermetic housing of the stand. Based on strain records obtained values of the tangential component of the effort of digging the soil and values of traction resistance of digging trenches under hydrostatic pressure.

Keywords: working body, a rotary disc cutting blade, hydrostatic pressure, digging soil.

References

1. Vil'man U.A. *Technologia stroitel'nyh prosesov i vzvedeniya zdaniy. Sovremennyye i progressivnyye metody* [Technology of building processes and cocking buildings. Modern and advanced methods]. Moscow, 2014. 336 p.

2. Kadyrov A.S. Opreделение sil soprotivlenia dvizheniu rabocheho instrumenta frezernoй zemleroinoi mashiny v glinistom rastvore [Determination of the resistance forces to the movement of the working tool milling digging machine in the mud]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2012, no 2. pp. 47-52.

3. Dobretsov V.B. *Mirovoi ocean i kontinental'nye vodoemy: mineral'nye resursy, osvoenie, ekologiya* [World ocean and continental reservoirs: mineral resources, development, ecology]. St. Petersburg: International Academy of Sciences of ecology, safety of man and nature, 2007. 796 p.

4. Small Scale Dredging. – Boston: Lincolnshire, UK, 2014. – 21 p.

5. Beindorff R. Calculations on Forces and Velocities of a Submarine Narrow Trench in Sandy Soil. *Terra et Aqua*. – 2012, no 126, pp. 13-24.

6. Setiwan R. Parametric Analysis on Off-shore Dredging Process using Cutter Suction Dredgers. *ACEAN Engineering Journal*. – 2015. – Part A, Vol 6, no 1, pp. 37-46.

7. Nedorezov I.A. Vlianie gidrostaticheskogo davleniya na rabotu transheekopatelei pri stroitel'stve sposobom «stena v grunte» [The Influence of hydrostatic pressure on the operation of trenchers in the construction method «Wall in the ground»]. *Transportnoe stroitel'stvo*, 1979, no 7. pp. 47-48.

8. Turgumbaev D.D., Nedorezov I.A., Nurmanbetov N.P., Isakov K. *Stend dlia podvodnogo rezaniya gruntov* [The installation for underwater cutting of soils] Patent USSR, no. 4717351/03, 1991.

Кабашев Рахимжан Абылкасымович (Алматы, Казахстан) – доктор технических наук, профессор, ректор Казахской автомобильно-дорожной академии им. Л.Б. Гончарова (050061, г. Алматы, пр. Райымбек, 417 а, e-mail: kazadi@kazadi.kz).

Тургумбаев Санжарбек Дженишбекович (Бишкек, Кыргызстан) – старший научный сотрудник НИИ физико-технических проблем при КГТУ им. И.Раззакова (720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66, e-mail: sanjar2000@mail.ru).

Kabashev Rakhimzhan Abylkasymovich (Almaty, Kazakhstan) – doctor of technical Sciences, Professor, rector of the Kazakh automobile and highway Academy named after L.B.Goncharov (050061, Almaty, Raiymbek ave., 417 а, e-mail: kazadi@kazadi.kz).

Turgumbaev Sanzharbek Jenishbekovich (Bishkek, Kyrgyzstan) – Senior Researcher, Research Institute of Physical and Technical Problems under the KSTU named after I.Razzakov (720044, Bishkek, Ch.Aitmatov ave., 66, e-mail: sanjar2000@mail.ru).

УДК 629.084

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФОРМИРУЕМЫХ ГРУНТОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ УПЛОТНЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ КАТКОВ

В.В. Михеев¹, С.В. Савельев²

¹Омский государственный технический университет (ОмГТУ), Россия, г. Омск;

²ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье обсуждается вопрос моделирования упругих свойств деформируемого грунта, которые существенно изменяются в процессе его уплотнения. Эта задача имеет практический интерес для определения оптимальных параметров технологического процесса уплотнения грунтовых оснований автомобильных дорог. В работе предложена модель взаимодействия деформируемой грунтовой среды с недеформируемым цилиндрическим штампом, который в первом приближении соответствует форме рабочих органов (валцов) наиболее распространенных уплотняющих машин – катков. Определена жесткость деформируемого объема грунта, вычислена величина силы касательного сопротивления деформированию при горизонтальном смещении вальца.

Ключевые слова: уплотнение грунтов, жесткий валец, моделирование, механические свойства, жесткость, упруговязкопластичная среда.

Введение

Наиболее эффективным способом обеспечения грунтовым основаниям и насыпям прочности и устойчивости в настоящее время является уплотнение грунтов внешней периодической силой – виброуплотнение. Такой характер воздействия позволяет наиболее интенсивно передавать грунту энергию, способствуя возникновению и накоплению в нем пластических деформаций. Условие пластического деформирования грунта дается выражением [1, 2]

$$\sigma_{pl} \leq \sigma(t) \leq \sigma_{destr}, \quad (1)$$

где σ_{pl} – предел текучести грунта, $\sigma(t)$ – текущее значение контактного напряжения, σ_{destr} – предел прочности грунта.

В работе предполагается рассмотреть модель взаимодействия недеформируемого цилиндрического штампа – перекатывающегося вальца грунтового катка с деформируемой грунтовой средой, обладающей как упругими, так и вязкими свойствами. Процесс должен протекать в соответствии с условием (1). Основная сложность при точном решении такой задачи состоит в необходимости интегрировать дифференциальное уравнение для области грунтового пространства (слоя) с его движущейся (вследствие накопления остаточных неупругих деформаций) границей раздела системы «штамп – грунт».

Предлагаемый подход опирается на физически оправданное приближение системы с сосредоточенными параметрами [3]. Данное приближение справедливо в том случае, если грунтовая среда в процессе деформирования может считаться движущейся как «единое целое», т.е. является сплошной средой. Необходимо правильно описать «эффективный» объем грунта, параметры которого будут определять величины массы, упругости и вязкости, той области деформируемой среды, которая непосредственно взаимодействует со штампом. Следует учитывать то, что внешнее воздействие на грунт прикладывается не только по нормали к его поверхности, но и передается в касательном направлении при поступательном передвижении рабочего органа реальной машины [4], так что воздействию подвергается не только непосредственно находящийся под пятном контакта объем грунта.

Это особенно явно проявляется в случае, когда поверхность взаимодействия является более сложной, чем плоскость, например – цилиндрическая.

Моделирование жесткости деформируемого грунта и силы его сопротивления при поступательном движении жесткого цилиндрического вальца

Штамп (валец) будем считать недеформируемым цилиндром известной длины l , радиуса R и массы M ,

обеспечивающей «первоначальное» статическое деформирование грунта. Упруговязкопластичную грунтовую среду представим в виде системы, обладающей жесткостью c , вязкостью b и способностью к пластической деформации, граница которой определяется пределом текучести грунта σ_{pl} .

Поверхность пятна контакта жесткого штампа с деформируемым грунтом представляет собой участок цилиндра радиуса R . Поэтому широко известный подход для плоского штампа, является малоприменимым.

Рассмотрим ситуацию, предшествующую началу работы грунтового катка, когда рабочий орган занимает положение, соответствующее предварительно деформированному грунту под ним. Обозначим высоту недеформированного слоя грунта h_0 .

Основной вклад в сопротивление грунта деформированию вносят его слои в секторе, ограниченном углом раствора, образованном крайними точками соприкосновения грунта и цилиндрического штампа. При этом будем считать, что грунт, выступающий за боковые стороны вертикальной проекции штампа, деформированию не подвергается.

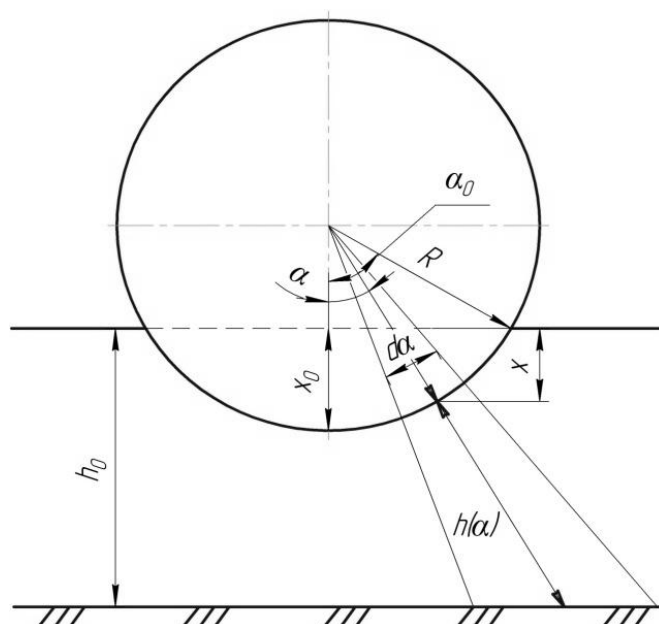


Рис.1. Модельное представление цилиндрического штампа, занявшего первоначальное положение, отвечающее значению угла α_0

Угол раствора при максимальном погружении штампа в грунт $2\alpha_0$, в первую очередь, определяется его массой. Положение поверхности недеформированного грунта предполагается симметричным относительно рабочего органа. Тогда жесткость dc элемента грунта, опирающегося на элементарный угол $d\alpha$, определяется как

$$dc = 2El \frac{d\alpha}{\ln \left(1 + \frac{2h(\alpha)}{R} \right)},$$

где высота элементарного сегмента, зависящая от угла α , имеет следующий вид

$$h(\alpha) = \frac{R(\cos \alpha_0 - \cos \alpha) + h_0}{\cos \alpha}.$$

Итоговое выражение для жесткости, получающееся суммированием по всем элементам грунта:

$$c(\alpha_0) = \int_{-\alpha_0}^{\alpha_0} dc = \int_{-\alpha_0}^{\alpha_0} 2El \frac{d\alpha}{\ln \left(1 + \frac{R(\cos \alpha_0 - \cos \alpha) + h_0}{R \cos \alpha} \right)} = 2El\Phi(\alpha_0) \quad (2)$$

Здесь функция $\Phi(\alpha_0)$ не может быть вычислена аналитически и получается в результате численного интегрирования. Ее график представлен на рис. 2 а).

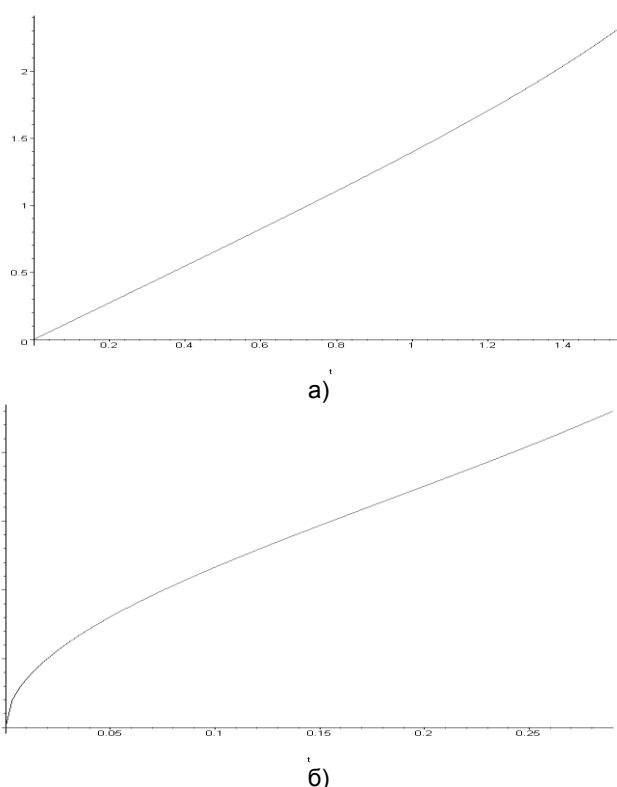


Рис. 2. График функции: для штампа радиуса и толщины слоя грунта (а)
для штампа радиуса и слоя грунта толщины (б)

Контактное напряжение, создаваемое при предварительном нагружении грунта легко определить как

$$\sigma(\alpha_0) = \frac{F}{S(\alpha_0)} = \frac{Mg}{2\pi\alpha_0 Rl}$$

Для определения угла α_0 , начального положения штампа и начального контактного напряжения необходимо решить уравнение, связывающее силу внешнего воздействия и деформацию грунта. Учитывая, что при вертикальном смещении штампа поверхности элементарных грунтовых призм испытывают

неодинаковое смещение, зависящее от их положения, определяемого углом α , удобно от угла α_0 перейти к связанной с ней переменной x_0 – заглублению штампа в деформируемый грунт $x_0 = R(1 - \cos \alpha_0)$, можно перейти к новой переменной интегрирования $x = R(\cos \alpha - \cos \alpha_0)$. Эта переменная более удобна при рассмотрении движения штампа в процессе деформирования грунта. Жесткость грунта, выраженная через x_0 , есть

$$c(x_0) = 2 \int_0^{x_0} 2El \frac{dx}{R \sqrt{1 - (1 - \frac{x_0}{R} + \frac{x}{R})^2} \ln \left[1 + 2 \frac{R((1 - \frac{x_0}{R}) - ((1 - \frac{x_0}{R}) - \frac{x}{R})) + h_0}{R(1 - \frac{x_0}{R} + \frac{x}{R})} \right]} =$$

$$= 4El \int_0^{x_0} \frac{dx}{R \sqrt{1 - (1 - \frac{x_0}{R} + \frac{x}{R})^2} \ln \left[1 + 2 \frac{h_0 - x}{R - x_0 + x} \right]} = 2El \tilde{\Phi}(x_0) \quad (3)$$

График функции $\tilde{\Phi}(x_0)$ показан на рисунке 2, (б).

Первоначальная длина пятна контакта, соответствующая смещению x_0 , определится как $y_0 = 2R \sin \alpha_0$. Следует отметить, что при заглублении штампа в грунт во взаимодействие с ним вовлекаются новые участки деформируемой поверхности, в результате чего зависимость силы от смещения среды становится нелинейной, особенно на начальных этапах деформирования.

Для рассмотренного примера при радиусе штампа $R = 0.3 \text{ м}$, толщине слоя грунта $h_0 = 0.5 \text{ м}$, ширине штампа $l = 1 \text{ м}$ и модуля деформации грунта $E = 20 - 30 \text{ МПа}$,

$$Mg = \int_0^{x_0} dc(x)x = 4El \int_0^{x_0} \frac{x dx}{R \sqrt{1 - (1 - \frac{x_0}{R} + \frac{x}{R})^2} \ln \left(1 + 2 \frac{h_0 - x}{R - x_0 + x} \right)} = 2El \Phi_F(x_0) \quad (4)$$

Интегрирование, в силу сложности подинтегральной функции, является возможным провести только численно.

жесткость деформируемого объема грунта, составляет, в зависимости от заглубления от 0 до 50-70 МН/м. Наибольший интерес здесь представляют небольшие деформации, для которых выполняется закон Гука, и внешняя сила имеет значения, близкие к реальным значениям вынуждающей силы у рабочих органов грунтовых катков.

Вычисление величины начального деформирования грунта от нагружения со стороны штампа проведем следующим образом: предположим скорость деформирования настолько «медленной», что вязким сопротивлением грунтовой среды можно пренебречь [3], тогда смещение x_0 под воздействием веса штампа находится из интеграла

Результат вычислений для функции $\Phi_F(x_0)$ при указанных параметрах штампа и грунта приведен на рисунке 3.

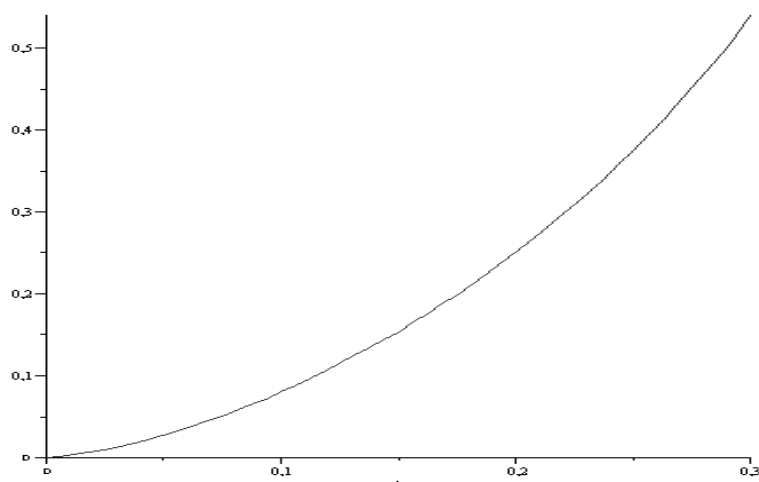


Рис. 3. График функции $\Phi_F(x_0)$ для штампа радиуса $R = 0.3 \text{ м}$ и слоя грунта толщины $h_0 = 0.5 \text{ м}$

Для массы штампа 3000-5000 кг и указанных выше условий можно провести оценку угла α_0 и смещения x_0

$$\Phi_F(x_0) \approx 0.001.$$

Порядок величины x_0 , получающейся при такой оценке есть 0.005-0.01, что дает для угла α_0 оценку $\alpha_0 \in (\frac{\pi}{18}, \frac{\pi}{12})$, для ширины пятна контакта $y_0 = 0.1 - 0.15 \text{ м}$ и для

контактного давления $\sigma(\alpha_0) = 60 - 90 \text{ кПа}$. Очевидно, что при статическом нагружении это не соответствует условию неупругого деформирования грунта (1), однако оказывается вполне достаточно для соответствия этому же условию при динамическом деформировании периодической внешней силой.

Прежде чем рассматривать динамическое деформирование грунта цилиндрическим штампом, обсудим вопрос достижения

требуемого коэффициента уплотнения, который качественно характеризует процесс деформирования. Известно, что под коэффициентом уплотнения понимается отношение плотности уплотненного грунта к номинальной плотности, получаемой стандартным методом [1, 4]:

$$k_y = \frac{\rho}{\rho_{ном}} = \frac{V_{ном}}{V},$$

где ρ , V – текущие значения плотности и объема уплотняемого грунта, получающиеся учетом остаточных деформаций, $\rho_{ном}$, $V_{ном}$ – номинальные значения. В рассматриваемом случае для жесткого цилиндрического штампа после снятия нагрузки грунт достаточно быстро релаксирует к новому состоянию равновесия, отвечающему его уплотненному состоянию. Этому состоянию соответствует остаточная деформация (заглубление) x_0^{pl} и отвечающий ему угол α_0^{pl} , которые как позволяют вычислить текущий коэффициент уплотнения и плотность, так и выступают в виде начального состояния для последующих циклов нагружения.

$$k_y = \frac{(R \cos \alpha_0 + h_0)^2 \tan \alpha_0 - \alpha_0 R^2}{(2R \sin \alpha_0 + h_0 \tan \alpha_0) h_0} \quad (5)$$

Отметим важность выражений (2), (3) для жесткости уплотняемого объема грунта при проведении численного решения системы уравнений динамики, описывающих взаимодействие штампа и деформируемого грунта.

В реальных условиях грунт деформируется поступательно движущимися рабочими органами грунтовых катков – цилиндрическими вальцами. Картина взаимодействия такого рабочего органа с деформируемым грунтом существенно изменяется. Появляется асимметрия, связанная с тем, что уплотнив до необходимого значения плотности грунта, каток движется к следующим, еще недеформированным участкам грунта и область контакта в этом случае отличается от рассмотренной выше.

При этом сила взаимодействия грунта с цилиндрическим рабочим органом не направлена вертикально вверх. Из-за наличия асимметрии сила имеет составляющую, направленную против движения рабочего органа. Это выполняется как при упругих деформациях грунта, так и при пластических. На ее преодоление затрачивается работа, которая представляет

собой потери на горизонтальное перемещение рабочего органа, в нашем случае того самого цилиндрического штампа. Эта сила зависит от вида заглубления штампа в грунт и в случае симметричного заглубления отсутствует. Симметричному заглублению соответствует случай при отсутствии поступательного движения, т.е. имеет место только нормальное по отношению к грунтовой поверхности движения штампа.

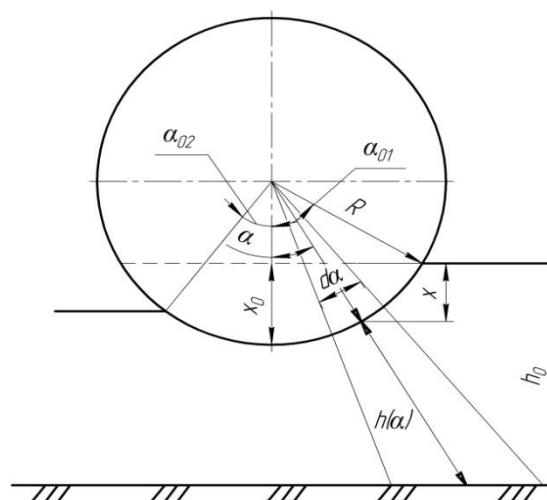


Рис. 4. Модельное представление цилиндрического штампа при движении с участка более уплотненного грунта на участок менее уплотненного

Для обеспечения энергоэффективности процесса уплотнения грунтовых сред необходимо подбирать режим деформирования, определяемый минимальным количеством циклов приложения внешней силы и рациональной поступательной скоростью штампа [3]. В этом случае доля работы затраченной непосредственно на неупругое деформирование грунта должна быть максимальной, а доля потерь, в том числе и на преодоления силы сопротивления передвижению штампа, минимальной.

Рассмотрим разложение силы сопротивления грунта деформированию по взаимно перпендикулярным осям, одна из которых направлена вертикально вверх, вторая – против направления движения. Для определения величин этих сил в ситуации, изображенной на рисунке 4, введем соответствующие показатели жесткости $c_{\tau}(\alpha_{01}, \alpha_{02})$, $c_{\perp}(\alpha_{01}, \alpha_{02})$

$$c_{\parallel}(\alpha_{01}, \alpha_{02}) = \int_{-\alpha_{02}}^{\alpha_{01}} dc(\alpha) \sin(\alpha) = \int_{-\alpha_{02}}^{\alpha_{01}} 2El \frac{\sin(\alpha) d\alpha}{\ln \left(1 + 2 \frac{R(\cos \alpha_0 - \cos \alpha) + h_0}{R \cos \alpha} \right)}$$

$$c_{\perp}(\alpha_{01}, \alpha_{02}) = \int_{-\alpha_{02}}^{\alpha_{01}} dc(\alpha) \cos(\alpha) = \int_{-\alpha_{02}}^{\alpha_{01}} 2El \frac{\cos(\alpha) d\alpha}{\ln \left(1 + 2 \frac{R(\cos \alpha_0 - \cos \alpha) + h_0}{R \cos \alpha} \right)}$$

Симметричному случаю соответствуют значения жесткостей $c_{\tau}(\alpha_{01}, \alpha_{02}) \Big|_{\alpha_{01}=\alpha_{02}} = 0$, а

$$c_{\perp}(\alpha_{01}, \alpha_{02}) \Big|_{\alpha_{01}=\alpha_{02}} = 2El\Phi(\alpha_{01}).$$

Рассматривая ситуацию поступательного перехода штампа к недеформируемым областям грунтовой среды, можно сделать вывод о значениях углов следующим образом, при этом угол зависит от величины накопленной пластической деформации в

уплотненной области грунта. Это позволяет получить выражение для силы, действующей на рабочий орган со стороны грунта против направления движения и тем самым оказывающей дополнительное сопротивление поступательному движению.

Выразим эту составляющую силы через определенную выше переменную x_0

$$F_{\tau}(x_0) = 2El \int_0^{x_0} \frac{x \tan \alpha(x) dx}{R \sqrt{1 - (1 - x_0/R + x/R)^2} \ln \left(1 + 2 \frac{h_0 - x}{R - x_0 + x} \right)} =$$

$$= 2El \int_0^{x_0} \frac{x \sqrt{\frac{1}{(1 - x_0/R + x/R)^2} - 1} dx}{R \sqrt{1 - (1 - x_0/R + x/R)^2} \ln \left(1 + 2 \frac{h_0 - x}{R - x_0 + x} \right)}$$

и через переменную α

$$F_{\tau}(\alpha_0) = \int_0^{\alpha_0} x(\alpha) dc(\alpha) \tan(\alpha) = 2ElR \int_0^{\alpha_0} \frac{(\cos \alpha - \cos \alpha_0) \tan(\alpha) d\alpha}{\ln \left(1 + 2 \frac{R(\cos \alpha_0 - \cos \alpha) + h_0}{R \cos \alpha} \right)} = 2ElR\Phi_{\tau}(\alpha_0). \quad (6)$$

Результат вычислений для функции $\Phi_{\tau}(\alpha_0)$ при указанных параметрах рабочего органа и грунта приведен на рисунке 5.

Проведем оценку величины силы сопротивления горизонтальному смещению грунта, аналогичную сделанной выше для величины первоначального заглубления штампа в грунт. Воспользуемся результатом, полученным для угла α_0 , предположив его

равным $\pi/15$. В этом случае величина силы

сопротивления может быть оценена по значению функции $\Phi_{\tau}(\alpha_0)$ при этом значении аргумента. Указанная оценка при использованных для расчетов параметров грунта и рабочего органа дает $F_{\tau}(\pi/15)$ в диапазоне от 2 до 3 кН. Естественно, что с накоплением деформаций в грунте эта сила будет возрастать, оказывая все большее влияние на поступательное перемещение штампа, увеличивая затраты энергии на процесс уплотнения. Простым примером, хорошо иллюстрирующим это, может служить описание гипотетического процесса уплотнения грунтовой среды до номинальной

плотности за один поступательный проход штампа. Используем формулу (5) для определения необходимого угла α_0 при заданных величинах толщины слоя грунта и радиуса штампа. В случае суглинистого грунта начальную плотность принято считать 1870 кг/м³ при номинальной плотности 2200 кг/м³. Угол α_0 определяется из условия:

$$0,85 = \frac{(R \cos \alpha_0 + h_0)^2 \tan \alpha_0 - \alpha_0 R^2}{(2R \sin \alpha_0 + h_0 \tan \alpha_0) h_0}.$$

Это уравнение является трансцендентным и может быть решено только численно. Решение дает значение угла $\alpha_0 \approx 0.5101$.

Этому углу должна соответствовать диапазон силы сопротивления горизонтальному смещению $F_{\tau}(0.5101) \in (35,55) \text{ кН}$,

который, при существующих мощностях двигателей грунтовых катков, составляющих около 50-120 кВт, является неприемлемым. Такая сила сопротивления требует для своего преодоления очень высоких затрат мощности и соответственно энергии, не гарантируя требуемой степени уплотнения грунта.

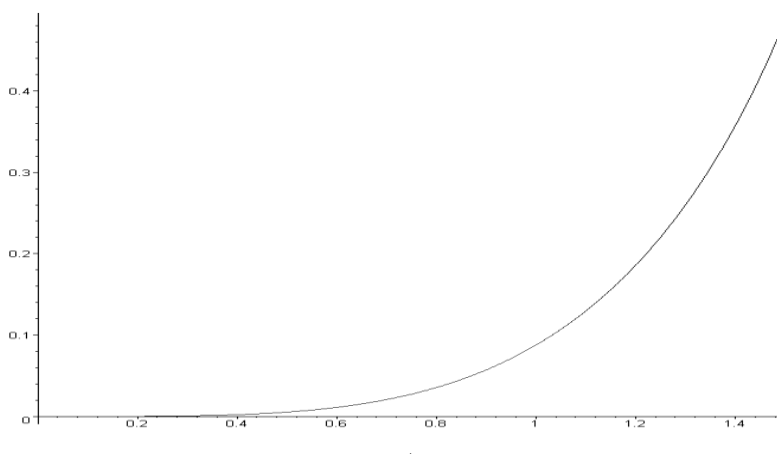


Рис. 5. График функции $\Phi_{\tau}(\alpha_0)$ для штампа радиуса $R = 0.3$ м и слоя грунта толщины $h_0 = 0.5$ м

Поэтому на практике грунтовый каток выполняет несколько проходов по одному следу, исходя из требований одновременного выполнения условия (1) для заданного угла α_0 , и соответствующих значений величины накапливаемых уплотняемым грунтом неупругих деформаций [1, 4].

Заключение

Анализ процесса деформирования грунтовых сред представляет собой важнейшую задачу, поскольку в результате этого процесса земляные сооружения, грунтовые основания и инженерные насыпи приобретают требуемые показатели прочности и устойчивости. Энергоэффективное и качественное уплотнение грунтов решает задачи снижения себестоимости и повышения качества строительства.

Как точное, так и приближенное описание процесса деформирования грунта при различных видах динамического нагружения представляется затруднительным без моделирования характеристик грунта. В рамках настоящей работы был предложен способ построения жесткости деформируемого объема грунта для описания процесса его уплотнения на различных этапах в рамках модели с сосредоточенными параметрами. Были предложены модельные описания свойств грунта при взаимодействии с абсолютным жестким цилиндрическим штампом, моделирующим рабочего органа уплотняющей машины. Следует отметить, что модельное исследование, проделанное в настоящей работе, является начальным этапом более полного описания реального

взаимодействия рабочего органа уплотняющей техники с деформируемыми грунтовыми средами в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ на проведение научных исследований по теме «Развитие теории взаимодействия рабочих органов уплотнителей с деформируемыми средами».

Библиографический список

1. Хархута, Н.Я. Уплотнение грунтов дорожных насыпей / Н.Я. Хархута, Ю.М. Васильев, Р.К. Охраменко. – М.: Автотрансиздат, 1958. – 144 с.
2. Герсеванов, Н.М. Теоретические основы механики грунтов и их практическое применение / Н.М. Герсеванов, Д.Е. Польшин. – М.: Госстройиздат, 1948. – 551 с.
3. Овчинников, П.Ф. Виброреология / П.Ф. Овчинников. – Киев: Наукова Думка, 1983. – 272 с.
4. Калужский, Я.А. Уплотнение земляного полотна и дорожных одежд : учеб. пособие / Я.А. Калужский, О.Т. Батраков. – М.: Транспорт, 1970. – 160 с.
5. Баркан, Д.Д. Устройство оснований сооружений с применением вибрирования / Д.Д. Баркан. – М.: Изд-во Минстроя предприятий машиностроения, 1949. – 123 с.
6. Михеев, В.В. Исследования напряженно-деформируемого состояния упруго-вязкой среды при вибрационном нагружении / В.В. Михеев, С.В. Савельев // Вестник СибАДИ, 2012. – № 3(25). – С. 83-86.
7. Mooney M.A., Robert V. Rinehart, Norman W. Facas, Odon M. Musimbi Intelligent Soil Compaction Systems // NCHRP Report 676 .- Washington, D. C., 2010.– 166 p.
8. Флорин, Н.А. Основы механики грунтов: в 2 т. / Н.А. Флорин. – Л.М.: Госстройиздат, 1959-1961. – Т. 1-2. – 408 с.

MODELING OF PROPERTIES OF DEFORMABLE SOIL MEDIA DURING COMPACTION BY CYLINDRICAL ROLLER DRUMS

V.V. Mikheyev, S.V. Saveliev

Abstract. The article deals with the task of theoretical modeling for elastic properties of soils under compacting action. That problem is of sufficient practical value for selection of optimal working parameters for soil compaction process in building and road construction. The model of interaction between rigid working tool of cylindrical shape and deformable soil is considered in the article. This shape corresponds to the metal drum of road roller and was used to calculate the stiffness of the soil volume which interacts with it. The tangent resistant force which occurs in case of roller's motion was also calculated.

Keywords: soil compaction, rigid drum, modeling of mechanical properties, soil stiffness, elastic-viscous-plastic media.

References

1. Harhuta N. Ja., Vasil'ev Ju. M., Ohramenko. R. K. *Uplotnenie gruntov dorozh-nyh nasypej* [Soil compaction of road fills]. Moscow, Avtotransizdat, 1958. 144 p.
 2. Gersevanov N.M., Pol'shin D.E. *Teoreticheskie osnovy mehaniki gruntov i ih prakticheskoe primenenie* [Theoretical foundations of soil compaction and their applications]. Moscow, Gosstroj-izdat, 1948. 551 p.
 3. Ovchinnikov P.F. *Vibroreologija* [Vibrorheology]. Kiev: Naukova Dumka, 1983. 272 p.
 4. Kaluzhskij Ja. A., Batrakov O. T. *Uplotnenie zemljanogo polotna i dorozhnyh odezhd: ucheb. posobie* [Compaction of earth bed and road surfacing]. Moscow, Transport, 1970. 160 p.
 5. Barkan D. D. *Ustrojstvo osnovanij so-oruzhenij s primeneniem vibrirvanija* [Basement construction with use of vibration]. Moscow, Izd-vo Minstroja predpriyatij mashinostroenija, 1949. 123 p.
 6. Miheev V. V., Savel'ev S. V. *Issledovanija naprjazhenno-deformiruемого sostojanija uprugovjazkoj sredy pri vibracionnom nagruzhenii* [Investigation of stress and strain behavior of visco-elastic media under vibratory loading]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 3(25). pp. 83-86.
 7. Mooney M. A., Robert V. Rinehart, Norman W. Facas, Odon M. Musimbi *Intelligent Soil Compaction Systems* // NCHRP Report 676. Washington, D. C., 2010. 166 p.
 8. Florin N. A. *Osnovy mehaniki gruntov* [Foundations of soil mechanics]. L.-M.: Gosstrojizdat, 1959-1961. T. 1-2. 408 p.
- Михеев Виталий Викторович (Омск, Россия) – кандидат фтзико-математических наук, доцент кафедры «Комплексная защита информации» ФГБОУ ВПО «ОмГТУ» (644055, г. Омск, пр. Мира, 11 к.8, e-mail: vvm125@mail.ru).*
- Савельев Сергей Валерьевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: saveliev_sergval@mail.ru).*
- Mikheyev Vitaly Viktorovich. (Omsk, Russian Federation) – candidate physical and mathematical sciences, ass. professor, department of complex information protection, Omsk State Technical University (644055, Prospect Mira, 11/8, Omsk, Russian Federation, e-mail: vvm125@mail.ru).*
- Savel'ev Serguey Valer'evich (Omsk, Russian Federation) – doctor of technical sciences, professor, department of operation and maintenance of transportation and technological machines and complexes, The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Prospect Mira, 5, Omsk, Russian Federation, e-mail: saveliev_sergval@mail.ru).*

УДК 629.3

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ В АВТОТРАНСПОРТНОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Ю.П. Сыстеров, В.В. Евстифеев, А.В. Евстифеев
ФГБОУ ВО СибАДИ, Россия, г. Омск.

Аннотация. В современном транспортном машиностроении происходит непрерывное совершенствование технологий изготовления деталей и узлов машин с использованием металлических и неметаллических композиционных материалов, изменяются принципы сборки кузовов и элементов двигателей, внедряются новые технологии производства колес и шин, все большее количество машин оснащается электрическими и гибридными приводами. Внедрение перспективных материалов и технологий отражается, естественно, на качестве, тактико-технических характеристиках и надежности.

Ключевые слова: *металлические и композитные материалы кузовостроения; технологии и материалы производства элементов двигателей и ходовой части, силовых передач и механизмов управления.*

Введение

Фирмы – производители автомобильной техники при проектировании машин ориентируются на собственный и зарубежный опыт, а также на то, какие материалы и технологии они в состоянии использовать по техническому оснащению производства и квалификации специалистов, для каких целей предназначается техника, уровень ее надежности и долговечности. В условиях жесткой конкуренции на рынках принимаются решения о вхождении в определенную ценовую нишу. Но в любом случае приходится модернизировать производство, а значит использовать новые материалы, новые технологии, приобретать технологическое оборудование.

Внедрение перспективных технологий

Наиболее сложными представляются технологии кузовостроения, так как даже при небольшом изменении формы кузова может существенно измениться вся цепочка операций, а иногда требуются новые материалы и специальное технологическое оборудование.

Большинство автостроительных фирм используют для производства кузовов листовую сталь. Технологии хорошо отработаны, вплоть до роботизированной контактной сварки элементов конструкции на конвейере. Трудоемкость относительно низкая. Но требуется тщательная антикоррозионная обработка. И еще один существенный недостаток – относительно большая масса всего автомобиля. Хотя, в некоторых случаях заготовки частей кузова сваривают встык из листов стали разной толщины (и с антикоррозионными покрытиями разной величины), а затем штампуют (рис. 1). Поэтому постоянно идут поиски легких, и в тоже время прочных, конструкционных

кузовных материалов. На данном этапе развития технологии кузовостроения используются алюминиевые сплавы в сочетании с традиционными (сталь, титан, магний, «стеклопластики»). Производители автомобилей Jaguar, Феррари, Ауди используют алюминиевые сплавы: концепт Audi ASF (пространственная рама Ауди), где все усилители несущего кузова были сделаны из алюминия, был представлен в 1993 году, а уже в 1994-м начался серийный выпуск седана Audi A8 – первого в мире массового автомобиля с полностью алюминиевым кузовом [1]; автомобиль Jaguar XJ с полностью алюминиевым несущим кузовом был выпущен в 2003 году. Чтобы избежать электрохимическую коррозию в местах стыковки алюминиевых конструкций со сталью при сборке кузовов на заклепки (а их, например, в седане Audi A8 – 1847) наносятся нейтральные покрытия, или используют и другие способы сборки (202 точки сварки, 44 м клееных соединений, 25 м сварки в среде инертных газов, 6 м лазерной сварки, 630 болтовых соединений).

Несмотря на то, что алюминиевые кузова легче стальных, легко штампуются и ремонтируются, у них есть существенный недостаток – высокая стоимость из-за больших затрат на электроэнергию при производстве металла. Поэтому все чаще в кузовостроении начали использовать углепластики в разных пропорциях с металлом, как это сделано при производстве BMW i3 или BMW 7 (рис. 2). В первом случае несущая рама выполнена из алюминиевых сплавов, а боковины, крыша, капот и другие оформляющие элементы – из карбона; во втором случае средняя часть кузова (ядро) сделана из композита [1].

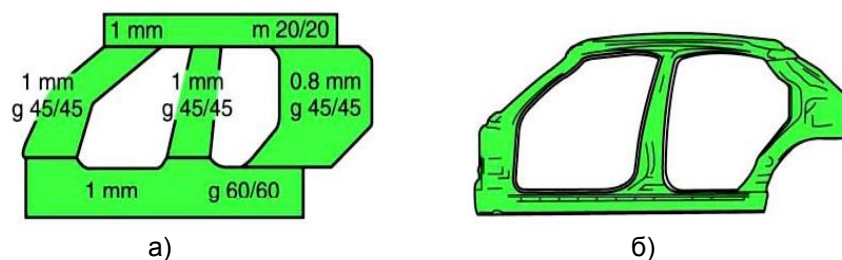


Рис. 1. Составная заготовка боковины автомобиля (а) и штампованная деталь (б)



Рис. 2. Кузова автомобилей:

а – BMW i3 (алюминиевый – низ и карбоновый – верх); б – BMW 7 (карбоновое ядро)

Но первый опыт в этом направлении приобрели автостроители ГДР. Первый в мире автомобиль, кузов которого был изготовлен из пластика, имел название «Трабант». Детали кузова (рис. 3а) изготавливали из фенолформальдегидной смолы, смешанной с отходами хлопкового производства. Для изготовления одной облицовочной детали уходило всего 10 минут. И было выпущено 3 млн. автомобилей [3]. Сейчас за ними последовали фирмы Маруся [4], Тесла (рис. 3г) [5], Pagani [7], Motive industries Inc.[6]. Например, Маруся использовала базальтовое волокно для изготовления внешних деталей (рисунок 3б) и элементов внутренней отделки салонов, которое получают в одну стадию по следующей схеме [2]: базальтовый щебень с определенной крупностью порционно загружается в малогабаритную плавильную установку, где он плавится при температуре (1460 – 1600) °С. С установки волокно передается на участок трощения и перемотки, где в случае необходимости осуществляется перемотка и получение крученых нитей.

Монокот Pagani Zonda R [7] выполнен из углеродно-титанового композита. За счет применения нового материала возросла жесткость при значительном снижении веса. Передний и задний подрамники изготовлены из хромомолибденового сплава, а внешние кузовные панели из углеволокна MD System. Для деталей подвески конструктор Горацио Пагани выбрал алюминиевый сплав Avion Al, для структурных элементов, удерживающих двигатель и коробку передач - сплав Erg Al. Благодаря этим мерам снаряженный вес машины составляет всего 1070 кг.

Кузова автомобилей Kestler (рисунок 3в) изготавливаются из конопляного волокна (марихуаны), [6]. Стебли конопли прессуются, а потом заливаются биополимером. Биокompозит получается настолько гибким и прочным, что не уступает по характеристикам

деталю из углеродных волокон, из которых изготавливают корпусные детали спорткаров. Но масса кузова значительно меньше, чем у изготовленных из стали.

Отрасль автостроения настроена так, что «каждый час» выдает что-то новое. Не так давно фирма BMW освоила производство блока двигателя, у которого внутренняя часть отлита из алюминиевого сплава, а затем на литейной машине залита более легким магниевым сплавом (рис. 4а), [8]. Масса такого блока существенно меньше, чем монолитного. Кстати, из магниевых сплавов иногда изготавливают внутренние части дверей. Входит в практику прецизионная сборка шатунов с крышками после отделения последней разломом (рис. 4б), [9]. Очень часто после согласия с функциональным назначением и основными размерами деталей специалисты приходят к выводу, что следует изменить технологию изготовления детали для повышения стойкости инструментов и увеличения производительности. Например, в [10, 11] предлагается штамповка шаровых пальцев с полый головкой или полым стержнем (рис. 4г). Это позволяет снизить нагрузки на инструменты и даже перевести изготовление на роторные автоматические линии с производительностью до 300-500 штук в минуту. Колеса производятся по традиции листовой штамповкой со сваркой обечайки и диска, литьем в кокиль или горячей объемной штамповкой. У каждой из этих технологий есть преимущества и недостатки, но наиболее перспективной, для обеспечения прочности и ремонтпригодности, является раскатка литого или штампованного полуфабриката на станах с числовым управлением. Что касается внедрения новых типов шин, то все мировые производители (Polaris, Bridgestone, Michelin, Hankook iFlex и др.) отработывают технологии производства безвоздушных пластиковых колес, которые не боятся проколов и легко перерабатываются после

полного износа. Опытные партии ставит американская армия на бронемашину Hummer (Polaris), фирма Michelin запускает

их серийное коммерческое производство [12], (рис. 4, в).



а)



б)

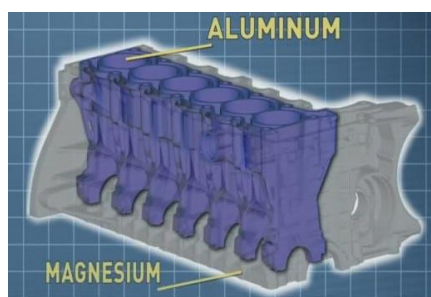


в)



г)

Рис. 3. Кузова автомобилей пластиковых композитов: а – «Трабант», б – «Маруся», в – «Kestler», г – «Tesla»



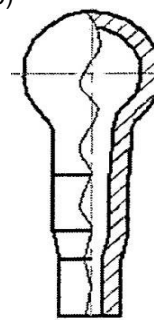
а)



б)



в)



г)

Рис. 4. Отливка блока двигателя BMW (а); слом шатуна для последующей сборки без смещения разобранных частей (б); колеса фирмы Michelin с безвоздушными шинами (в); шаровый палец полый (г)

Поршни двигателей изготавливаются литьем в кокиль или горячей объемной штамповкой. Если поршни отлиты в кокиль, то и в этом случае они имеют невысокую

плотность, связанную с выходом газов при остывании расплава металла. Однако это самый дешевый и приемлемый для крупносерийного производства метод. Чтобы

получить плотную структуру можно использовать технологию, похожую на литье под давлением, жидкой штамповки. В качестве инструмента используются универсальные обогреваемые штамповые блоки со сменными рабочими вставками [13]. Наложение давления производится в процессе кристаллизации расплава, когда металл, контактирующий с инструментом, затвердеет. Давление устраняет микрополости, улучшает структуру материала поршня, а значит – и свойства изделия [14].

Жидкая штамповка привлекает тем, что позволяет «залить» вставки из композитов, чугунов и т.д. Она легко обеспечивает соединение тела поршня, например, с нирезистовой вставкой, в которой протачивается канавка под верхнее

компрессионное кольцо. Нирезист – никелевый чугун с аустенитной структурой, жаропрочный, ростоустойчивый, немагнитный [15]. Один из чугунов содержит (в %): С – 2,75; Si – (1,0 – 2,0); Mn – (0,4 – 0,8); Ni – (28 – 32); Cu – до 0,5; Cr 2,5 – 3,5. Одна из конструкций нирезистовой вставки показана на рисунке 5. Вставка имеет небольшие бурты вверху и внизу, а форма поперечного сечения симметричная со скосами. Это позволяет легче ориентировать вставку при укладывании ее в матрицу. Для хорошего сцепления вставки с основным материалом производится ее обезжиривание, алитирование (переходной диффузионный слой, толщина которого составляет, как правило, 30 – 50 мкм).

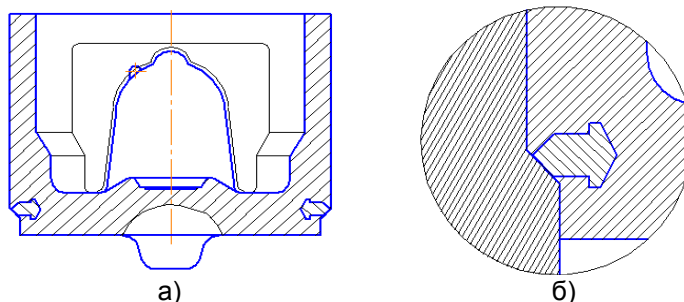


Рис. 5. Литая заготовка поршня (а); сечение поршня в месте установки нирезистовой вставки (б)

Материалы для тормозных колодок можно разделить на асбестовые и без асбестовые. Асбест (армирующий материал) применяют для изготовления обычных тормозных колодок. Без асбестовые колодки содержат в качестве армирующего материала стальную вату, медную или латунную стружку и полимерные материалы (рисунок 6а). Износ дисков минимален, если металлические фракции имеют малые размеры. Тормозные диски изготавливаются обычно из металлов. Сейчас на смену им пришли и керамические композиционные диски (рис. 6б), [16]. Они устанавливаются, в основном, на скоростных автомобилях, так как они имеют удельный вес меньший, чем у металлических дисков. Важным достоинством, является и то, что они способны выдерживать температуру до +1000 °С и, следовательно, могут безотказно прослужить в десятки раз дольше, их металлические. Керамические диски состоят из углеволокна, кремния и синтетической смолы, что придает им особую прочность. И, кроме того, технологически в результате химико-термической обработки стало возможным создавать при прессовании

радиальные каналы вентиляции, а также упрочнять диски за счет образование карбида кремния. При отработке новых технологических решений с удешевлением производства композиционного материала, возможно, будет устанавливаться керамические диски и для автомобилей любых классов.

Порошковые композиционные материалы, многие из которых имеют уникальные свойства, используются и для производства деталей различного назначения: подшипники скольжения [17, 18], распорные втулки, токосъемники, торцевые уплотнения, шайбы, подпятники, рычаги, изоляторы свечей зажигания и плитки броневой защиты с использованием Al₂O₃, диски тормозов, фильтры и др. (рис. 6). Спеченные порошковые фрикционные материалы получают, например, на медной или железной основе. В качестве наполнителей и добавок используют материалы, обеспечивающие стабильность коэффициента трения (карбиды и оксиды металлов), отсутствие схватывания (графит, асбест, MoS₂, CuS, ZnS), улучшение теплового режима (цветные металлы).



Рис. 6. Колодки (а) и композиционные диски (б) современных транспортных средств



Рис. 7. Детали, изготовленные из композиционных материалов: а – шестерня; б – ступица муфты синхронизатора 1,2 передач; в – шестерня насоса; г – колесо барабана; д – поршень амортизатора; е – эксцентрик; ж – направляющая; з – рычаг; и – сухарь вилок переключения; к – подшипники скольжения [17,18]; л – детали автоприцепа

Заключение

Внедрение в практику автостроения оригинальных конструкций и систем обеспечения оптимальной жизнеспособности машин, технологий получения штампованных, литых и порошковых изделий с применением новых материалов, нанотехнологий и методов моделирования позволит сокращать материалоемкость и энергетические затраты производства.

Библиографический список

1. Мельниченко, Р. Кузов автомобиля: сталь, алюминий, карбон и картон [Электронный ресурс] / Р. Мельниченко // ITC.UA. – Режим доступа: <http://itc.ua/articles/kuzov-avtovobil-stal-aluminiya-karbon>. (дата обращения – 08.09.2016).
2. Телицын, А.А. Практическая реализация процессов трощения и кручения при помощи реверсивного аэродинамического выорка /

А.А. Телицын, И.А. Делекторская, С.В. Новиков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004. – № 3. – С. 31-34.

3. Тюнинг «трабантов» [Электронный ресурс] // LiveJournal. – Режим доступа: <https://viktor1015.livejournal.com/346795.html>. (дата обращения – 08.09.2016).

4. Россияне представили суперкар «Маруся» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.segodnya.ua/science/roccijane-predctavili-superkar-marucja.html>. (дата обращения – 10.09.2016).

5. Автомобили Tesla: новости, модели, обзор машин Тесла – все модели, новинки, линейка . Tesla [Электронный ресурс] // За рулем.РФ . – Режим доступа: www.zr.ru/cars/tesla/. (дата обращения – 08.09.2016).

6. «Зеленые» авто: первый в мире автомобиль из конопли [Электронный ресурс] // Novate.Ru. – Режим доступа: <http://www.novate.ru/blogs/101214/29050/>. (дата обращения – 08.09.2016).

7. Pagani Zonda [Электронный ресурс] // Википедии. Свободной энциклопедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Pagani_Zonda. (дата обращения – 08.09.2016).

8. Двигатель BMW N52 – характеристики – фото [Электронный ресурс] // BIMMERFEST – актуальное в мире БМВ. – Режим доступа: <http://www.bimmerfest.ru/dvigatel-bmw-n52/>. (дата обращения – 08.09.2016).

9. Способ отделения крышки нижней головки шатуна изломом [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.findpatent.ru/patent/210/2100187.html/. (дата обращения – 11.09.2016).

10. Способ изготовления шарового пальца: пат. RU 2441728 С1, МПК В21К 1/46 / В.В. Евстифеев, А.И. Добрынин, И.И. Завьялов, А.А. Александров; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» (RU). – № 2010129620/02, заявл. 15.07.2010, опубл. 10.02.2012. Бюл. № 4. – 6 с.

11. Способ изготовления шарового пальца: пат. RU 2545873 С2, МПК В21К 1/46 / В.В. Евстифеев, А.В. Евстифеев, И.И. Завьялов, А.А. Александров; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» (RU). – № 2013130422/02, заявл. 02.07.2013, опубл. 10.04. 2015. Бюл. № 10.

12. Michelin запускает безвоздушные шины в серию [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.pormech.ru/vehicles/51425-mechelin-zapuskaet-bezvozdushnye-shiny/. (дата обращения – 10.09.2016).

13. Евстифеев, В.В. Изотермическая штамповка корпусных деталей из алюминиевого сплава АК8 / В.В. Евстифеев, В.П. Кокоулин, В.Н. Лобас // Кузнечно-штамповочное производство. – № 9. –1990. – С. 6-7.

14. Липчин, Т.Н. Получение заготовок поршней литьем с кристаллизацией под давлением / Т.Н. Липчин. – Пермь: Изд-во ТГУ. Перм. отд-ние, 1991. – 136 с.

15. Нирезист в – ЗАО «УЗЦМ» [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.uzcm.ru/spravka/metal/cugun/23php/. (дата обращения – 10.09.2016).

16. Керамические композиционные тормозные диски [Электронный ресурс] // Автопортал Автозаводы. – Режим доступа: <http://avtovody.ru/articles/36-keramicheskie-kompozicionnye-tormoznye-diski.html>. (дата обращения – 08.09.2016).

17. Исследование работоспособности композиционных подшипников скольжения на основе меди / И.О. Олейник, В.В. Евстифеев, Г.А. Голощапов, В.И. Гурдин // Вестник СибАДИ. – 2014. – № 4 (38). – С. 29–33.

18. Антифрикционный материал на основе меди: пат. RU 2583976 С1, МПК С22С 9/00; С22С

1/05 / В.В. Евстифеев, В.В. Акимов, В.И. Гурдин, Г.А. Голощапов, И.О. Олейник; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» (RU). – № 2014154344/02, заявл. 30.12.2014, опубл. 10. 05. 2016. Бюл. № 13. – 7 с.

ADVANCED CONSTRUCTION MATERIALS AND TECHNOLOGIES OF MOTOR ENGINEERING

Y.P. Systerov, V.V. Evstifeev, A.V. Evstifeev

Abstract. In modern transport engineering is a continuous improvement of the manufacture of parts and units of machines with technology of metal and non-metallic composite materials, changing the principles of body assembly and engine components, introducing new production technology wheels and tires, a growing number of cars equipped with electric and hybrid drives. The introduction of advanced materials and technologies is reflected, of course, on the quality, performance characteristics and reliability.

Keywords: metal and composite materials of the bodywork; technology and materials production elements of engines and chassis, power transmission and control mechanisms.

References

1. Mel'nichenko R. Kuzov avtomobilja: stal', aljuminij, karbon i... karton [Car Body: steel, aluminum, carbon fiber and cardboard]. ITC.UA. Available at: <http://itc.ua/articles/kuzov-avtovobil-stal-alyminya-karbon/>.

2. Telicyn A. A., Delektorskaja I. A., Novikov S. V. Prakticheskaja realizacija processov troshhenija i kruchenija pri pomoshhi re-versivnogo ajerodinamicheskogo v'jurka [Practical implementation processes doubling and twisting with the help of an aerodynamic reverse ree]. *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyslennosti*, 2004, no 3. pp. 31-34.

3. Tjuning «trabantov». LiveJournal [Tuning satellites]. Available at: <http://viktor1015.livejournal.com/346795.html>.

4. Rossijane predstavili superkar «Marusja» [Rossijane presented supercar "Maroussia"]. Available at: <http://www.segodnya.ua/science/roccijane-predstavili-cuperkar-marucja.html>.

5. Avtomobili Tesla: novosti, modeli, obzor mashin Tesla – vse modeli, novinki, linejka [Cars Tesla: news, models, a review of the Tesla machine - all models, new products line. Tesla]. Available at: www.zr.ru/cars/tesla/.

6. «Zeljonye» avto: pervyj v mire avtomobil' iz konopli. Novate.Ru [Green" cars: the world's first car out of hemp]. Available at: <http://www.novate.ru/blogs/101214/29050/>.

7. Pagani Zonda [Pagani Zonda]. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Pagani_Zonda.

8. Dvigatel' BMW N52 – harakteristiki – foto BIMMERFEST - aktu-al'noe v mire BMW [Engine BMW N52 - Specifications - photo]. Available at: <http://www.bimmerfest.ru/dvigatel-bmw-n52/>.

9. Sposob otdelenija kryshki nizhnej golovki shtatuna izlomom [The method of separating the cover of the bottom head of a rod break]. Available at: www.findpatent.ru/patent/210/2100187.html

10. Evstifeev V. V., Dobrynin A. I., Zav'jalov I.I., Aleksandrov A. A. Sposob izgotovlenija sharovogo pal'ca [A method of manufacturing a spherical finger]. Pat. RU no 2010129620/02.

11. Evstifeev V.V., Evstifeev A.V., Zav'jalov I.I., Aleksandrov A.A. Sposob izgotovlenija sharovogo pal'ca [A method of manufacturing a spherical finger]. Pat. RU no 2013130422/022545873 .

12. Michelin zapuskaet bezvozdushnye shiny v seriju [Michelin launches airless tire in the series]. Available at: www.popmech.ru/vehicles/51425-mechelin-zapuskaet-bezvozdushnye-shine

13. Evstifeev V. V., Kokoulin V. P., Lobas V. N. Izotermicheskaja shtam-povka korpusnyh detalej iz aljuminievogo splava AK8 [Isothermal stamping of body parts from aluminum alloy AK8]. *Kuznechno-shtampovnochnoe proizvodstvo*, no 9, 1990. pp. 6-7.

14. Lipchin T. N. Poluchenie zagotovok porsh-nej lit'em s kristallizaciej pod davleniem [Getting piston billet casting with crystallization under pressure]. Perm: Izd-vo TGU. Perm. otd-nie, 1991. 136 p.

15. Nirezist v - ZAO "UZCM [Niresist in - JSC «UZTSM»]. Available at: www.uzcm.ru/spravka/metal/cugun/23php/.

16. Keramicheskie kompozicionnye tormoznye diski. Avtoportal Avtozavody [Ceramic composite brake discs]. Available at: <http://avtovody.ru/articles/36-keramicheskie-kompozicionnye-tormoznye-diski.html>.

17. Olejnik I. O., Evstifeev V. V., Golo-shhapov G. A., Gudrin V. I. Issledovanie rabotosposobnosti kompozicionnyh podshipnikov skol'zhenija na osnove medi [Research performance composite plain

bearings based on copper]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 4 (38). pp. 29 – 33.

18. Evstifeev V.V., Akimov V.V., Gurdin V.I., Goloshhapov G.A., Olejnik I.O. Antifrikcionnyj material na osnove medi [The anti-friction material based on copper]. Pat. RU no 2014154344/02.

Сыстеров Юрий Павлович (Россия, г. Омск) – магистрант кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «СибАДИ», (644080 Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: omsk-aaa@rambler.ru).

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

Евстифеев Александр Владиславович (Россия, г. Омск) – инженер, ОмПО ИРТЫШ (644060, ул. Гуртьева, 18, e-mail: a_evstifeev@mail.ru).

Systerov Yuri Pavlovich (Russian Federation, Omsk) – graduate student The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080 Omsk, Mira 5, e-mail: omsk-aaa@rambler.ru).

Evstifeev Vladislav Viktorovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of "Cars, construction materials and technologies" The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080 Omsk, Mira 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).

Evstifeev Alexander Vladislavovich (Russian Federation, Omsk) – engineer, OmPA IRTYSH (644060, st Gurtiev, 18, e-mail: a_evstifeev@mail.ru).

УДК 621.926

ОБОСНОВАНИЕ РЕСУРСА СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДРОБИЛЬНО-РАЗМОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Я.В. Ярмович

ФГБОУ ВО «СибАДИ», Омск, Россия.

Аннотация. Рассматривается проблема сокращения затрат при эксплуатации дробильно-размольного оборудования (ДРО), связанная с большим расходом масел, так как объем систем смазки ДРО может составлять до 60 м³. В результате исследования установлено, что замена смазочного материала по фактическому состоянию позволит сократить затраты при эксплуатации ДРО. Выявлена необходимость математического обоснования периодичности замены смазочного материала. Автором предложен расчет периодичности обслуживания системы смазки ДРО. Благодаря этому можно определить необходимую наработку до воздействия на смазочный материал.

Ключевые слова: дробильно-размольное оборудование, система смазки, смазочный материал, долговечность, ресурс оборудования.

Введение

При эксплуатации дробильно-размольного оборудования (ДРО)

наблюдается весьма большой расход промышленных масел из-за необходимости их замены. У данного вида оборудования

встречаются системы смазки емкостью до 60 м³ [1]. Смазочные системы ДРО обеспечивают работоспособность подшипников скольжения типа баббит-сталь, которые применяются в эксцентриках конусных дробилок и опорах барабанных мельниц. Эти подшипники являются несущими, на них приходится воздействие от веса оборудования и обрабатываемого сырья, а также реакции от динамического воздействия на обрабатываемый материал. Ресурс этих узлов редко превышает 4000 ч [2]. В результате ежегодно проводятся ремонтные работы с длительной остановкой

оборудования, что отражается на объеме и стоимости выпускаемой продукции.

Обоснование долговечности смазочного материала в системе смазки ДРО

Для определения причин потери работоспособности смазочного материала в ДРО было проанализировано больше 200 проб масел из систем смазки конусных дробилок КРД 900/100 и КСД 2200, мельницы МШР 3,2/2,8, которые эксплуатируются на предприятиях ПАО «ГМК «Норильский никель», АО «Алмалыкский ГМК» и ТОО Жезказганцветмет. Результаты представлены в виде гистограмм (рис. 1 – 5).

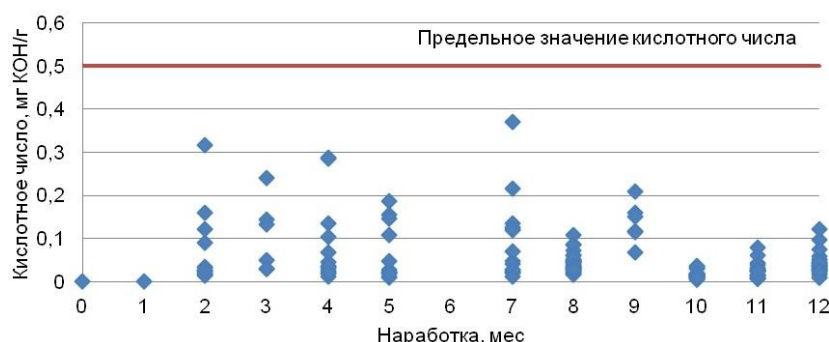


Рис. 1. Изменение кислотного числа смазочного материала за год эксплуатации ДРО



Рис. 2. Изменение вязкости смазочного материала за год эксплуатации ДРО

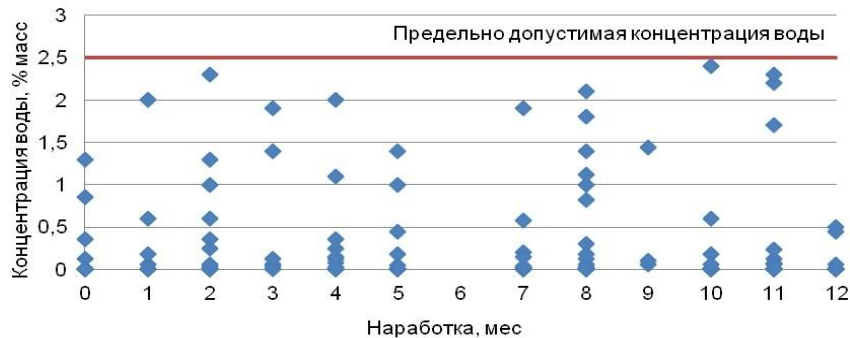


Рис. 3. Изменение концентрации воды в смазочном материале за год эксплуатации ДРО

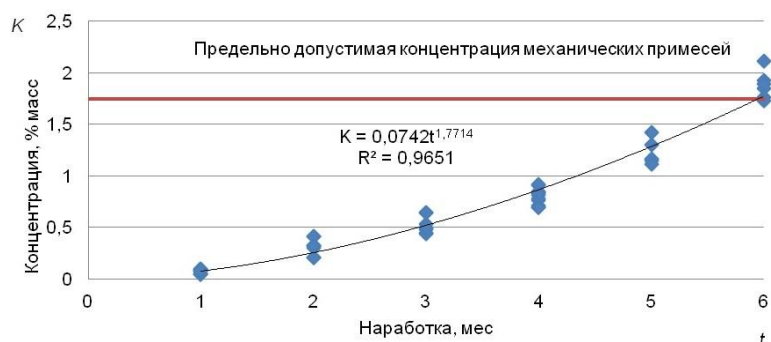


Рис. 4 Процесс накопления механических примесей в смазочном материале за 6 месяцев

Исследования показали, что ни показатель кислотного числа, ни вязкости, ни содержания воды, не достигают предельно допустимых значений в течении года эксплуатации различных видов ДРО, а основной причиной потери работоспособного состояния смазочного материала ДРО является насыщение его механическими примесями и водой, которые влияют на

изменение его кислотного числа и вязкости. Интенсивное насыщение смазочного материала механическими примесями и водой происходит из-за негерметичности систем смазки. Количественное значение предельной концентрации механических примесей для системы смазки ДРО было определено в [3].

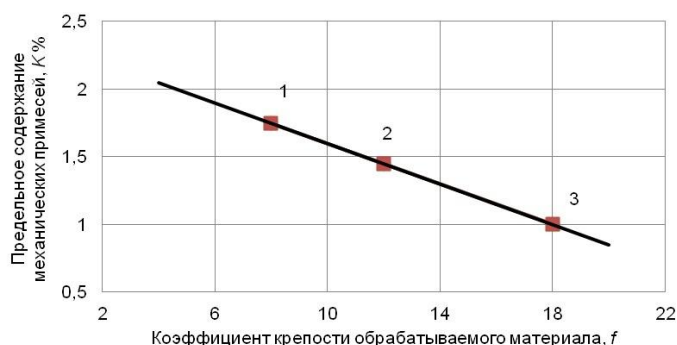


Рис. 5. Зависимость содержания механических примесей от крепости обрабатываемого материала по шкале М.М. Протодьяконова: 1 – ГМК «Норильский никель» – 1,75% ($f = 8$); 2 – Жезказганцветмет – 1,45% ($f = 12$); 3 – Алмалыкское ГМК – 1% ($f = 18$)

В результате проведенных исследований [3] была получена зависимость предельной концентрации механических примесей от коэффициента крепости обрабатываемого материала по шкале профессора М.М. Протодьяконова. Что позволило получить зависимость определения предельной концентрации механических примесей:

$$K_{II} = -0,075 f + 2,35, \quad (1)$$

где K_{II} – предельная концентрация механических примесей, %; f – коэффициент крепости обрабатываемого материала по шкале профессора М.М. Протодьяконова.

Для обеспечения работоспособного состояния системы смазки ДРО необходимо обеспечить содержание механических примесей на заданном уровне, что в свою очередь можно осуществить заменой или

очисткой смазочного материала. При этом периодичность замены смазочного материала должна быть обоснована, чтобы не допустить чрезмерных расходов на обслуживание и затрат от простоя оборудования в ремонте [4].

За основу методики расчета периодичности замены смазочного материала системы смазки ДРО взята модель обоснования долговечности технических систем и машин профессора А.М. Шейнина [5]. В ее основе лежит целевая функция минимизации затрат на проведение технического обслуживания:

$$C(T) = \frac{v_{II}(T) C_{ам.о} + C_P + C_{К.П.}}{M T} + \sum_i \frac{C_{оби}}{T_{оби}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $v_{II}(T)$ – число ремонтных циклов за срок службы машины до списания; M – коэффициент определяющий

продолжительность амортизационных отчислений; $C_{ам.о}$ – средняя величина амортизационных отчислений за один ремонтный цикл машины; C_p – затраты на устранение отказов и неисправностей машины в процессе ремонтов за один ремонтный цикл; $C_{к.п.}$ – затраты на компенсацию потерь вследствие снижения производительности и увеличения расхода смазочных материалов при изнашивании деталей машины в течение одного ремонтного цикла; T – ресурс до первого капитального ремонта; $C_{обі}$ – затраты на техническое обслуживание i машин; $T_{обі}$ – периодичность технического обслуживания.

При разработке данной модели были приняты следующие допущения: затраты на устранение отказов и неисправностей не зависят от наработки на отказ и от значения износа; затраты на техническое обслуживание не зависят от периодичности его выполнения; техническое обслуживание проводится регулярно с периодичностью $T_{об}$ и полностью восстанавливает благоприятные условия изнашивания сопряжений.

Решение целевой функции (1) позволяет выявить оптимальные значения ресурса T , периодичности обслуживания и предельного износа $I_{п}$ с учетом их взаимосвязи. Исходными для решения целевой функции являются закономерности $I = \varphi(T_{об})$; $C_{к.п} = \varphi(I)$; $K_{ти} = \varphi(T)$, где $K_{ти}$ – коэффициент технического использования.

Преобразование, проведенные профессором В.А. Зориным [6], позволяют получить из целевой функции (1) формулы расчета оптимальных значений показателей долговечности, которые лежат в основе модели для определения оптимальных значений показателей долговечности конструктивно несложных сопряжений и сборочных единиц, причиной отказа которых является предельный износ. Модель служит для оптимизации ресурса и периодичности технического обслуживания. Величину предельного износа определяют по критерию невозможности дальнейшей эксплуатации объекта. При расчете она является заданной и не оптимизируется.

Целевая функция для этой модели имеет вид

$$C(T) = \frac{v_{II}(T)}{M} \frac{C_{ам.о} + cI_{п}^{\beta}}{I_{п}} bT_{об}^{\alpha-1} + \frac{C_{обі}}{T_{об}} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $I_{п}$ – предельный износ; c – коэффициент, зависящий от режима работы и

условий эксплуатации машины; β – показатель, обусловленный конструкцией и функциональным назначением сопряжения; α и b – эмпирические коэффициенты, являющиеся параметрами закономерности изнашивания в процессе эксплуатации.

Периодичность обслуживания

$$T_{об} = \left(\frac{I_{п}}{bN_{об}} \right)^{1/\alpha}. \quad (4)$$

Ресурс

$$T = N_{об} T_{об}, \quad (5)$$

где $N_{об}$ - число обслуживаний.

Заключение

На основе анализа изменения состава смазочного материала в ДРО, установлено качественное совпадение кривых изнашивания пар трения и накопления механических примесей. Поэтому предполагается оценивать состояние системы смазки ДРО и процесса его изнашивания по показателю предельной концентрации механических примесей $K_{п}$.

$$T_{онм} = \left(\frac{K_{п}}{bN_{об}} \right)^{1/\alpha}. \quad (6)$$

При определении периодичности замены смазочного материала для системы смазки ДРО число обслуживаний принимается равным 1. Значения коэффициентов a и b определены в результате контрольной эксплуатации и представлены на рисунке 4. В таблице 1 представлены результаты расчетов периодичности замены смазочного материала для системы смазки ДРО для различных горно-металлургических предприятий. Выбор данных предприятий обусловлен различной крепостью обрабатываемых материалов [7].

В соответствии с положением о планово-предупредительных ремонтах оборудования [8], замену смазочного материала необходимо производить каждые 1620 часов, что соответствует трем месяцам эксплуатации оборудования. Установлено, что можно продлить время эксплуатации смазочного материала в ДРО.

Таблица 1 – Периодичность замены смазочного материала в ДРО

Предприятие	$K_{п}, \%$	Наработка, мес
ГМК «Норильский никель»	1,75	5,96
Жезказганцветмет	1,45	5,36
Алмалыкское ГМК	1	4,35

Получены значения фактической наработки системы смазки ДРО до проведения технического обслуживания, во время которого смазочный материал должен быть очищен от механических примесей или заменен. Для обеспечения герметичности системы смазки рекомендуется замена сальников, прокладок и очистка днища и стенок бака системы смазки от механических примесей.

Библиографический список

1. Корнеев, С.В. Рекомендации по применению смазочных материалов, оборудования и рациональному использованию смазочных материалов на предприятиях цветной металлургии / С. В. Корнеев, Л.И. Данилов, Ф.И. Свечникова и др.; под ред. В.Б. Лагунова. – М.: Металлургия, 1988. – 192 с.
2. Иванов, В.Ф. Дробильно-сортировочное оборудование / В.Ф. Иванов. – Красноярск: Красноярский политехнический ин-т, 1966. – Ч. 1: Оборудование для дробления каменных материалов. – 1966. – 135 с.
3. Ярмович, Я.В. О предельном состоянии масел для дробильно-размольного оборудования / С.В. Корнеев, Я.В. Ярмович // Тяжелое машиностроение. – 2005. – № 5. – С. 40-41.
4. Корнеев, С.В. Оценка возможностей повторного использования отработанных масел в горно-обогатительных комбинатах АК «Алроса» (ОАО) / Н.Е. Кулинич, Г.А. Мартынова, С.В. Корнеев // Экология и промышленность России. – 2013. – № 4. – С. 46-51.
5. Шейнин, А.М. Эксплуатация дорожных машин: учебник для вузов по спец. «Строит. и дор. машины и оборудование» / А.М. Шейнин, А.П. Крившин, Б.И. Филиппов и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 334 с.
6. Зорин, В.А. Основы работоспособности технических систем: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. А. Зорин. – М.: Академия, 2009. – 208 с.
7. Ярмович, Я.В. О возможности увеличения ресурса смазочного материала в системах смазки дробильно-размольного оборудования [Электронный ресурс] / Я.В. Ярмович, В.Н. Кузнецова // Архитектура, строительство, транспорт: материалы Международной научно-практической конференции (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»), 2-3 декабря 2015 г. / СибАДИ. – Омск: СибАДИ, 2015. – С. 728-732 – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
8. Положение о планово-предупредительных ремонтах оборудования и транспортных средств на предприятиях Министерства цветной металлургии СССР. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 176 с.

MEAN LIFE OF THE OIL IN THE CRUSHING AND MILLING EQUIPMENT

Y.V. Yarmovich

Abstract. The problem of reducing costs in the operation of crushing and milling equipment associated with high consumption of oil, as the volume of equipment lubrication systems can be up to 60 m³. The study found that the replacement of the lubricant on the actual condition will reduce the operation cost equipment. The necessity of mathematical justification replacement intervals of the lubricant. The author suggests a payment service interval

equipment system lubricant. This makes it possible to determine the necessary time between exposure to the lubricant.

Keywords: crushing and milling equipment, lubrication system, lubricant, oil, mean life, operational life of the equipment.

References

1. Korneev S.V., Danilov L.I., Svechnikova F.I., Kadantsev A.V., Nozhnenko A.V. *Rekomendacii po primeneniju smazochnyh materialov, oborudovanija i racional'nomu ispol'zovaniju smazochnyh materialov na predpriyatiyah cvetnoj metallurgii*. [Advice on applications of materials, equipment and rational use of lubricants in non-ferrous metallurgy]. Moscow, Metallurgy, 1988. 192 p. (In Russian)
2. Ivanov V.F. *Drobitel'no-sortirovochnoe oborudovanie*. [Crushing and milling equipment]. Krasnoyarsk, 1966. 135 p. (In Russian)
3. Yarmovich Y.V., Korneev S.V. *O predel'nom sostojanii masel dlja drobitel'no-razmольnogo oborudovanija*. [The limit state oil for crushing and milling equipment]. *Heavy Engineering*, 2005, no 5, pp. 40-41. (In Russian)
4. Korneev S.V., Kulnich N.E., Martynov G.A. *Ocenka vozmozhnostej povtornogo ispol'zovanija otrabotannyh masel v gorno-obogatitel'nyh kombinatah AK «Alrosa»*. [Evaluation of the ability to reuse of waste oils in the mining enterprises "Alrosa"]. *Ecology and Industry of Russia*, 2013, no 4, pp. 46-51. (In Russian)
5. Scheinin A.M., Krivshin A.P., Filippov B.I. *Jekspluatacija dorozhnyh mashin*. [Operation of road cars]. Moscow, Mechanical engineering, 1980. 334 p.
6. Zorin V.A. *Osnovy rabotosposobnosti tehnikeskikh sistem*. [Fundamentals of efficiency of technical systems]. Moscow, Academy, 2009. 208 p.
7. Yarmovich Y.V., Kuznetsova V.N. *O vozmozhnosti uvelichenija resursa smazochnogo materiala v sistemah smazki drobitel'no-razmольnogo oborudovanija*. [On the possibility of increasing the life of the lubricant in the lubrication systems of crushing and grinding equipment]. *Architecture, Construction, Transportation. Journal of Computer Mediated Communication: proceedings of the International scientific-practical conference (the 85th anniversary of the «SibADI»)*. Omsk, SibADI, 2015, pp.728-732.
8. *Polozhenie o planovo-predupreditel'nyh remontah oborudovanija i transportnyh sredstv na predpriyatiyah Ministerstva cvetnoj metallurgii SSSR*. [Regulations on the preventative maintenance of equipment and vehicles at the enterprises of the Ministry of ferrous metallurgy of the USSR]. 2nd edition of redesigned and updated. Moscow, Nedra, 1984. 176 p.

Ярмович Ярослав Владимирович. (Россия, г. Омск) – аспирант ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: nimlor87@gmail.com).

Yarmovich Yaroslav. Vladimirovich. (Russian Federation, Omsk) – graduate student of The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080 Omsk, Mira 5, e-mail: nimlor87@gmail.com).

РАЗДЕЛ II

ТРАНСПОРТ

УДК 355.69

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ МАРШРУТА ДВИЖЕНИЯ

В.В. Васильев, М.Ю. Манзин

Омский автобронетанковый инженерный институт, Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье разработана методика оценки информативности отдельного препятствия и участка пути в целом. Предлагаемая методика позволяет прогнозировать величину средней скорости обеспечиваемой способности водителя, обрабатывать и реализовать информацию о внешних условиях движения. Выявлено влияние конструкции моторного поля машины на плотность потока информации, получаемую водителем в процессе построения закона движения. Материалы статьи могут быть полезны научным и инженерно-техническим работникам в области исследования управляемости машин, занимающимся практическими вопросами испытаний и оценки эргономических свойств машин и, в частности, эргономики отделения управления.

Ключевые слова: моторное поле, плотность потока информации, участок пути, информативность препятствия, вероятность встречи помехи.

Введение

Местность как элемент системы «Человек-местность-машина» является объективным источником информации для разработки требований к транспортному средству любого назначения с одной стороны, а с другой – объективный источник информации для построения закона движения этого транспортного средства. При исследовании эксплуатации машин часто встречаются моменты, когда надежность работы системы «человек-местность-машина» зависит от возможности водителя задать закон движения машины в соответствии с внешними и внутренними условиями по причине недостатка или избытка информации.

Количество информации о внешних условиях определяется числом и сложностью препятствий. Для водителя информацией будет всякое сообщение, которое уменьшает неопределенность в выборе решения по изменению характеристик закона движения гусеничной машиной. На каждом этапе принятия решения водитель может допустить ошибку, которая приведет к неправильному действию. Причинами этого могут быть – недостаток времени, избыток или недостаток информации об условиях движения. Для оценки информационной напряженности работы водителя при движении машины необходимо иметь методику оценки информативности маршрута движения.

Для обоснованного прогнозирования средней скорости одиночной машины необходима методика, позволяющая осреднить количество информации, получаемой водителем при преодолении препятствий. Способ преодоления препятствия зависит от его характеристики. На маршруте движения могут встречаться следующие варианты препятствий.

Первый вариант. Препятствие незначительное и, опираясь на знание характеристики машины [1] и опыт практического вождения, водитель принимает решение преодолеть препятствие без снижения скорости. В этом случае водитель перерабатывает одну двоичную единицу информации (1 дв.ед.): тормозить – не тормозить. Каждый шаг (1 дв.ед.) приравнивается к 1 биту.

Второй вариант. Помеха требует снижения скорости, поэтому появляется вопрос как ее снизить.

В зависимости от типа машины возможны различные варианты снижения скорости: уменьшением подачи топлива без переключения передач (торможение двигателем); уменьшением подачи топлива с переключением на пониженную передачу; использованием системы подтормаживания без переключения на пониженную передачу; использованием системы подтормаживания с переключением на пониженную передачу; включение остановочного тормоза без

переключения на пониженную передачу; включение остановочного тормоза с переключением на пониженную передачу.

Таким образом, при встрече препятствия водитель перерабатывает до 7 дв. ед. информации.

Каждый вариант преодоления препятствия содержит определенное количество информации, выраженное в двоичных единицах, т.е. уменьшить подачу топлива или нет – одна дв. ед., выключить сцепление или нет – еще одна дв. ед. и т.д.

Количество информации о состоянии местности определяется уравнением:

$$J(Q) = \sum_1^m \sum_1^n J_{Qi},$$

где J_{Qi} – количество информации о помехе i -го вида; n – количество помех i -го вида; m – количество разновидностей помех.

Количество информации на участке пути зависит от числа помех, их разновидностей и сложности. Такое количество информации водитель должен обработать при прохождении участка пути без учета информации, поступающей о техническом состоянии машины, других членов экипажа и инерционности машины на поданное входное управление. Количество помех и их разновидность на единице длины пути является случайным, поэтому требуется оценить вероятность встречи помех конкретного вида. С этой целью все количество помех этого вида ранжируется по количеству информации. Помехи, содержащие равное количество информации, с точки зрения построения закона движения машины, объединяются в группы. После этого определяется вероятность p_i встречи препятствий этой группы:

$$p_i = a_i/a,$$

где a_i – количество помех, обладающих равной информативностью; a – общее количество помех данного вида.

При решении практических вопросов наибольший интерес представляет среднее количество информации J_{cp} , приходящееся на одно событие из всего множества событий. Среднее количество информации J_{cp} о помехе, рассматриваемого вида, определяется зависимостью:

$$J_{cp} = p_1 J_1 + p_2 J_2 + p_3 J_3 + \dots + p_i J_i,$$

где J_i – количество информации от помехи конкретной группы.

Для определения количества усредненной информации для всех

разновидностей помех необходимо определить вероятность p_k встречи помехи k – вида:

$$p_k = a_i/b_Q,$$

где b_Q – общее количество помех всех разновидностей на участке пути.

С целью упрощения дальнейшего исследования предположим, что все препятствия по пути расположены равномерно.

С учетом вероятности встречи помех различной информативности и разновидности усредненная помеха по всему объему выборки будет иметь количество информации равное:

$$J_{cp}(Q) = J_{cp1} p_{k1} + J_{cp2} p_{k2} + J_{cp3} p_{k3} + \dots + J_{cpi} p_{ki},$$

где J_{cpi} – среднее количество информативности определенного вида помехи; P_{ki} – помеха i – вида.

Для оценки напряженности работы водителя необходимо оценить количество информации, которую он получит с единицы длины пути:

$$J_s = J_{cp}(Q) \cdot \frac{m}{S},$$

где S – общая длина пути.

В общем виде плотность потока информации определяется выражением:

$$\lambda = \frac{\sum_1^n J_i}{\tau_{on}},$$

где τ_{on} – время, необходимое для обслуживания информации.

Время необходимое для обслуживания информации определяется выражением:

$$\tau_{on} = \frac{\Delta S}{V}$$

Плотность потока информации, подлежащей обработке водителем оуправляется зависимостью вида:

$$\lambda(Q) = \frac{J_{cp}(Q) \cdot \sum_1^m \sum_1^k a_j \cdot \Delta S}{\frac{S \Delta S}{\Delta S} \cdot \Delta t} = \frac{J_{cp}(Q) \cdot \sum_1^m \sum_1^k a_j}{\frac{S}{\Delta S} \cdot \Delta t},$$

где ΔS – дальность видения участка пути с рабочего места водителя;

a_j – помеха j – го вида.

При $\Delta t \rightarrow 0$ отношение $ds/dt = V$. Следовательно, можно записать:

$$\lambda(Q) = \frac{J_{cp}(Q) \cdot \sum_1^m \sum_1^k a_i \cdot V}{S}.$$

ТРАНСПОРТ

Для подтверждения теоретических данных, были проведены испытания. Суть испытаний заключалась в описании и оценки каждого препятствия, встречающегося на пути движения. Обследование участка танкодрома Омского автобронетанкового инженерного института протяженностью 5000 метров позволило определить количество и разновидность препятствий. В свою очередь маршрут движения охарактеризовался такими препятствиями, как: участок разгона с переключением коробки передач и без переключения, таких препятствий 22 единицы, яма при преодолении которой не требуется уменьшать скорость, таких

препятствий 80 единиц, бугор при преодолении, которого не требуется увеличение подачи топлива, таких препятствий 81 единица, яма при преодолении которой применяются органы управления, таких препятствий на маршруте 26 единиц, бугор, при преодолении которого применяются органы управления, таких препятствий на маршруте 25 единиц, такое препятствие, как поворот на маршруте движения 20 единиц, холмов на маршруте движения 6 единиц. Характер и количество препятствий на маршруте движения иллюстрирует таблица 1.

Таблица 1 – Характер и количество препятствий находящихся на маршруте

Количество препятствий	Наименование препятствий					Всего
	Яма	Холм	Бугор	Поворот	Участок разгона	
	106	6	106	20	22	260

Методика оценки информативности препятствий производится следующим образом, так как на маршруте движения, могут, с точки зрения информативности, встречаться различные разновидности препятствия, по этой причине обнаруженные препятствия требуют различных вариантов решения водителем изменения характеристик закона движения машины:

Участок разгона с исходного рубежа водитель первоначально обрабатывает 1 дв.ед., о необходимости увеличения скорости, а после принятия решения выполняет следующие действия: отключает остановочный тормоз; отключает сцепление; выбирает номер включенной передачи; включает выбранную передачу; убеждается в отсутствии помех движению; подает предупредительный сигнал; увеличивает подачу топлива; включает сцепление; сравнивает соответствие скорости движения машины с внешними условиями; уменьшает подачу топлива; выключает сцепление; отключает пониженную передачу; включает повышенную передачу; включает сцепление; увеличивает подачу топлива; сравнивает соответствие скорости движения машины с внешними условиями; уменьшает подачу топлива; выключает сцепление; отключаем пониженную передачу; включаем повышенную передачу; включает сцепление; увеличивает подачу топлива;

Всего: 23 дв.ед. информации.

Яма, требующая снижения скорости движения без переключения на пониженную передачу водитель (2 дв.ед.): уменьшает подачу топлива; сравнивает соответствие скорости движения машины с внешними условиями; увеличивает подачу топлива.

Всего: 5 дв.ед. информации.

Поворот на 90° в право со снижением скорости остановочным тормозом с переключением на пониженную передачу (3 дв.ед.): переместить педаль остановочного тормоза вперед; сравнить скорость движения машины с возможным условием поворота; отпустить педаль остановочного тормоза; отпустить педаль подачи топлива; отключает сцепление; перевести рычаг переключения передач в положение пониженной передачи; включает сцепление; увеличить подачу топлива; определить примерную величину перемещения рычага управления поворотом; переместить рычаг управления поворотом; проконтролировать управляемость; возвратить рычаг в исходное положение.

Всего: 15 дв. ед. информации.

Все остальные препятствия оцениваются аналогичным образом. Результаты оценки информативности препятствий сведены в таблицу 2.

ТРАНСПОРТ

Таблица 2 – Характер и количество препятствий на маршруте с учетом их информативности для танка Т-72-БЗ

Наименование препятствия	Количество информации, бит.																							Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Яма	-	80	-	-	9	2	3	-	-	-	11	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106
Бугор	-	81	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106
Холм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	6
Поворот	-	-	-	-	-	-	14	-	1	1	-	1	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	20
Участок разгона	-	-	-	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	1	22

На основании данных таблиц оценивается напряженность работы водителя. Плотность потока информации с учетом предварительной информативности о препятствия вычисляется следующим образом:

Средняя информативность помехи в группе:

1. Яма

$$p_1 = \frac{80}{106} = 0,75; p_2 = \frac{9}{106} = 0,084; p_3 = \frac{2}{106} = 0,018.$$

$$p_4 = \frac{3}{106} = 0,028; p_5 = \frac{11}{106} = 0,1; p_6 = \frac{1}{106} = 0,009.$$

$$J_{cp1} = 2 \cdot 0,75 + 5 \cdot 0,084 + 6 \cdot 0,018 + 7 \cdot 0,028 + 11 \cdot 0,1 + 13 \cdot 0,009 = 3,441 \text{ дв. ед.}$$

2. Бугор

$$p_1 = \frac{81}{106} = 0,76; p_2 = \frac{25}{106} = 0,23.$$

$$J_{cp2} = 2 \cdot 0,76 + 3 \cdot 0,23 = 2,21 \text{ дв. ед.}$$

3. Холм

$$p_1 = \frac{5}{6} = 0,83; p_2 = \frac{1}{6} = 0,16.$$

$$J_{cp3} = 13 \cdot 0,83 + 18 \cdot 0,16 = 13,67 \text{ дв. ед.}$$

4. Поворот

$$p_1 = \frac{14}{20} = 0,7; p_2 = \frac{1}{20} = 0,05; p_3 = \frac{1}{20} = 0,05;$$

$$p_4 = \frac{1}{20} = 0,05; p_5 = \frac{1}{20} = 0,05; p_6 = \frac{2}{20} = 0,1.$$

$$J_{cp4} = 7 \cdot 0,7 + 9 \cdot 0,05 + 10 \cdot 0,05 + 12 \cdot 0,05 + 15 \cdot 0,05 + 17 \cdot 0,1 = 8,9 \text{ дв. ед.}$$

5. Участок разгона

$$p_1 = \frac{17}{22} = 0,77; p_2 = \frac{3}{22} = 0,13; p_3 = \frac{1}{22} = 0,04;$$

$$p_4 = \frac{1}{22} = 0,04.$$

$$J_{cp5} = 7 \cdot 0,77 + 15 \cdot 0,13 + 22 \cdot 0,04 + 23 \cdot 0,04 = 9,14 \text{ дв. ед.}$$

Вероятность встречи помехи:

$$p_{k_1} = \frac{106}{260} = 0,407; p_{k_2} = \frac{6}{260} = 0,023; p_{k_3} = \frac{106}{260} = 0,407;$$

$$p_{k_4} = \frac{20}{260} = 0,076; p_{k_5} = \frac{22}{260} = 0,084.$$

Средняя информативность помехи:

$$J_{cp}(Q) = 3,441 \cdot 0,407 + 2,21 \cdot 0,023 + 13,67 \cdot 0,407 + 8,9 \cdot 0,076 + 9,14 \cdot 0,084 = 8,45 \text{ дв. ед.}$$

Плотность потока поступающей информации водителю равна:

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 5}{5000} = 2,197 \text{ дв. ед.}$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 8}{5000} = 3,515 \text{ дв. ед.}$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 9}{5000} = 3,955 \text{ дв. ед.}$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 10}{5000} = 4,394 \text{ дв. ед.}$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 15}{5000} = 6,591 \text{ дв. ед.}$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 20}{5000} = 8,788 \text{ дв. ед.}$$

В данных дорожных условиях движение гусеничной машины танка Т-72-БЗ возможно без пропуска информации и совершения ошибок водителем со средней скоростью V_{cp} около 9 м/с. Превышение данной скорости влечет за собой увеличение плотности потока информации и превышения порога, оптимальное число которого 4 двоичных единицы [2].

Влияние конструкции машины на плотность потока информации можно оценить на примере выполнения этого же упражнения машиной БМП-3. Принципиальным отличием конструкции моторного поля БМП-3 от танка Т-72-БЗ заключается в том, что у БМП-3 отсутствует педаль сцепления [3,4]. Следовательно, при построении алгоритма управления машиной отсутствуют элементы включения и выключения сцепления. Характер и количество препятствий на маршруте с учетом их информативности для машины БМП-3 иллюстрирует таблица 2.

ТРАНСПОРТ

Таблица 3 – Характер и количество препятствий на маршруте с учетом их информативности для БМП-3

Наименование препятствия	Количество информации, бит.																							Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Яма	-	80	-	-	9	2	3	-	11	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106
Бугор	-	81	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106
Холм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6
Поворот	-	-	-	-	-	-	14	-	1	2	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	20
Участок разгона	-	-	-	-	17	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	22

Аналогичным образом, как и для танка Т-72-БЗ на основании данных таблицы 3 оценивается напряженность работы водителя.

Средняя информативность помехи в группе:

$$p_1 = \frac{80}{106} = 0,75; p_2 = \frac{9}{106} = 0,084; p_3 = \frac{2}{106} = 0,018;$$

$$p_4 = \frac{3}{106} = 0,028; p_5 = \frac{11}{106} = 0,1; p_6 = \frac{1}{106} = 0,009.$$

$$J_{cp1} = 2 \cdot 0,75 + 5 \cdot 0,084 + 6 \cdot 0,018 + 7 \cdot 0,028 + 9 \cdot 0,1 + 11 \cdot 0,009 = 3,223 \text{ дв. ед.}$$

2. Бугор

$$p_1 = \frac{81}{106} = 0,76; p_2 = \frac{25}{106} = 0,23.$$

$$J_{cp2} = 2 \cdot 0,76 + 3 \cdot 0,23 = 2,21 \text{ дв. ед.}$$

3. Холм

$$p_1 = \frac{5}{6} = 0,83; p_2 = \frac{1}{6} = 0,16.$$

$$J_{cp3} = 11 \cdot 0,83 + 16 \cdot 0,16 = 11,69 \text{ дв. ед.}$$

4. Поворот

$$p_1 = \frac{14}{20} = 0,7; p_2 = \frac{1}{20} = 0,05; p_3 = \frac{2}{20} = 0,1;$$

$$p_4 = \frac{1}{20} = 0,05; p_5 = \frac{2}{20} = 0,1.$$

$$J_{cp4} = 7 \cdot 0,7 + 9 \cdot 0,05 + 10 \cdot 0,1 + 12 \cdot 0,05 + 15 \cdot 0,1 = 8,45 \text{ дв. ед.}$$

5. Участок разгона

$$p_1 = \frac{17}{22} = 0,77; p_2 = \frac{3}{22} = 0,13; p_3 = \frac{1}{22} = 0,04;$$

$$p_4 = \frac{1}{22} = 0,04.$$

$$J_{cp5} = 5 \cdot 0,77 + 11 \cdot 0,13 + 16 \cdot 0,04 + 17 \cdot 0,04 = 6,6 \text{ дв. ед.}$$

Вероятность встречи помехи:

$$p_{k1} = \frac{106}{260} = 0,407; p_{k2} = \frac{6}{260} = 0,023;$$

$$p_{k3} = \frac{106}{260} = 0,407;$$

$$p_{k4} = \frac{20}{260} = 0,076; p_{k5} = \frac{22}{260} = 0,084.$$

Средняя информативность помехи:

$$J_{cp}(Q) = 3,223 \cdot 0,407 + 2,21 \cdot 0,023 + 11,69 \cdot 0,407 + 8,45 \cdot 0,076 + 6,6 \cdot 0,084 = 7,3 \text{ дв. ед.}$$

Плотность потока поступающей информации водителю равна:

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 5}{5000} = 1,898 \text{ дв. ед.};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 10}{5000} = 3,796 \text{ дв. ед.};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 11}{5000} = 4,176 \text{ дв. ед.};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 12}{5000} = 4,555 \text{ дв. ед.};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 15}{5000} = 5,694 \text{ дв. ед.};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 20}{5000} = 7,592 \text{ дв. ед.};$$

По данному маршруту гусеничная машина БМП-3 может двигаться со средней скоростью V_{cp} не более 10 м/с, что позволяет водителю управлять законом движения гусеничной машины без пропуска информации и совершения ошибочных действий [5].

Выводы

1. Разработанный метод позволяет оценить информативность маршрута движения.

2. В заданных дорожных условиях танк Т-72-БЗ может двигаться со скоростью 9 м/с. Эта скорость определена без учета других ограничений.

3. Влияние конструкции на среднюю скорость машины демонстрирует результаты расчета информационной нагруженности водителя БМП-3. Величина средней скорости составляет более 10 м/с.

Библиографический список

1. Человек как звено следящей системы / Под. ред. И.Е. Цибулевский – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 288 с.
2. Справочник по инженерной психологии / С.В. Борисов и др.; / ред. Б.Ф. Ломова. – М.: Машиностроение, 1982. – 368 с..

3. Эргономика в танковых войсках. Танки и танковые войска / Под общ. ред. А.Х. Бабаджаняна. – 2-е изд., доп. – Т.18 – М.: Воениздат, 1980. – 432 с., ил.

4. Савочкин, В.А. Статическая теория движения танка: Дис. докт. техн. наук. – М.: ВА БТВ, 1983. – 377 с.

5. Бекетов, С.А. Повышение средней скорости движения танка за счет улучшения управляемости: Дис. канд. техн. наук. – М.: ВА БТВ, 1992. – 139 с.

ESTIMATION TECHNIQUE OF INFORMATION CONTENT OF THE TRAFFIC ROUTE

V.V. Vasil'ev, M.Yu. Manzin

Abstract. The article develops the estimation technique of informative content of an isolated irregularity and a track section as a whole. This method allows predicting the value of the average speed that provides the driver's ability to process and realize the information on ambient traffic conditions. The authors reveal the impact of the motor field vehicle design on the information received by the driver in the course of the structure of the motion law. The article can be useful to researchers, engineers and technicians in handling trial of the vehicles, dealing with practical aspects of tests and evaluation of ergonomic features of the vehicles such as usability of the driver's compartment.

Keywords: a motor field, information density, a track section, information content of the irregularity, jamming encounter probability.

References

1. *Chelovek kak zveno sledyaschey sistemy* [The person as a link of the watching system]. Pod red. Tsibulevskiy I.E. Moscow, Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1981. 288 p.

2. *Spravochnik po inzhenernoy psikhologii* [Reference book on engineering psychology]. Pod red. B.F. Lomova. Moscow, Mashinostroenie, 1982. 368 p.

3. *Ergonomika v tankovyh voyskakh. Tanki i tankovye voyska*. [Ergonomics in tank troops. Tanks and tank troops]. Pod obsch. red. T18 A.H. Babadzhanyana. Moscow, Voenizdat, 1980. 432 p.

4. Savochkin V.A. *Staticheskaya teoriya dvizheniya tanka: Dis. dokt. tehn. nauk*. [Static theory of the movement of the tank Dis. dokt. tehn. sciences]. Moscow, VA BTV, 1983. 377 p.

5. Beketov S.A. *Povyshenie sredney skorosti dvizheniya tanka za schet uluchsheniya upravlyaemosti: Dis. kand. tehn. nauk*. [Increase in average speed of the movement of the tank due to controllability improvement Dis. dokt. tehn. sciences]. Moscow, VA BTV, 1992. 139 p.

Васильев Валентин Владимирович (Россия, г. Омск) – доцент 3 кафедры (боевых гусеничных колесных машин и военных автомобилей) Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/г, e-mail:vasilevVV55@mail.ru).

Манзин Максим Юрьевич (Россия, г. Омск) – адъюнкт Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/г, e-mail:ymmanzini55@mail.ru).

Vasil'ev Valentin Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – associated professor at the 3 department (combat track-laying and military vehicles) of the Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 v/g, e-mail:vasilevVV55@mail.ru).

Manzin Maxim Yar'evich (Russian Federation, Omsk) – postgraduate student of the Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 v/g, e-mail:ymmanzini55@mail.ru).

УДК 656.056.4;656.13.021

ЗНАЧЕНИЕ ДЛИНЫ ОЧЕРЕДИ АВТОМОБИЛЕЙ ПЕРЕД СВЕТОФОРНЫМ ОБЪЕКТОМ И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ЕЕ ОЦЕНКЕ

С.В. Витолин

ВолгГАСУ, Россия, г. Волгоград.

Аннотация. В данной работе предлагается метод повышения общей пропускной способности регулируемых перекрестков за счет устройства коротких полос для поворотов на светофорных объектах в городах России. Приводится пример возникновения эффекта «бутылочного горлышка» на регулируемом перекрестке в результате не корректно подобранных коротких полос для поворотов. Показана важность оценки длины очереди автомобилей перед светофорными объектами. Также рассматриваются некоторые современные подходы к оценке длины очереди.

Ключевые слова: светофорный объект, регулируемый перекресток, длина очереди автомобилей, ударная волна.

Введение

Светофорные объекты (СО) являются элементами улично-дорожной сети, а также автоматизированных систем управления дорожным движением, позволяющими осуществлять управление транспортными и пешеходными потоками. Учитывая содержание российских [1, 2, 3, 4, 5] и зарубежных источников [6, 7, 8, 9], а также увеличение загрузки улично-дорожных сетей (УДС) городов России, можно утверждать, что теория управления транспортными потоками на СО для современных условий дорожного движения в России развита не достаточно.

Длина очереди автомобилей перед светофорным объектом

Оценка длины очереди является важной составляющей теории управления транспортными потоками на СО. Оценка необходима для определения требуемой длины полосы движения. Кроме того, значение длины очереди является основой для расчета задержек транспортных средств и дальнейшего определения качества дорожного движения на светофорном

объекте [7]. Очевидно, что адаптивное регулирование также может основываться на оценке длины очереди [3].

При достижении значений интенсивности дорожного движения близких пропускной способности и более задержки и длины очередей на светофорном объекте резко увеличиваются, поэтому необходимо не допускать такого уровня загрузки сигнальных групп СО при которых происходит резкое увеличение задержек и длин очередей (приводящих к сетевым заторам).

В Германии широко применяются короткие полосы движения перед светофорными объектами, они позволяют с меньшими затратами на капитальное строительство участков полос движения на всем протяжении улицы пропускать существенно большее количество транспортных средств через регулируемые перекрестки. При этом применение коротких полос имеет недостаток возможного появления эффекта «бутылочного горлышка» (рис. 1).

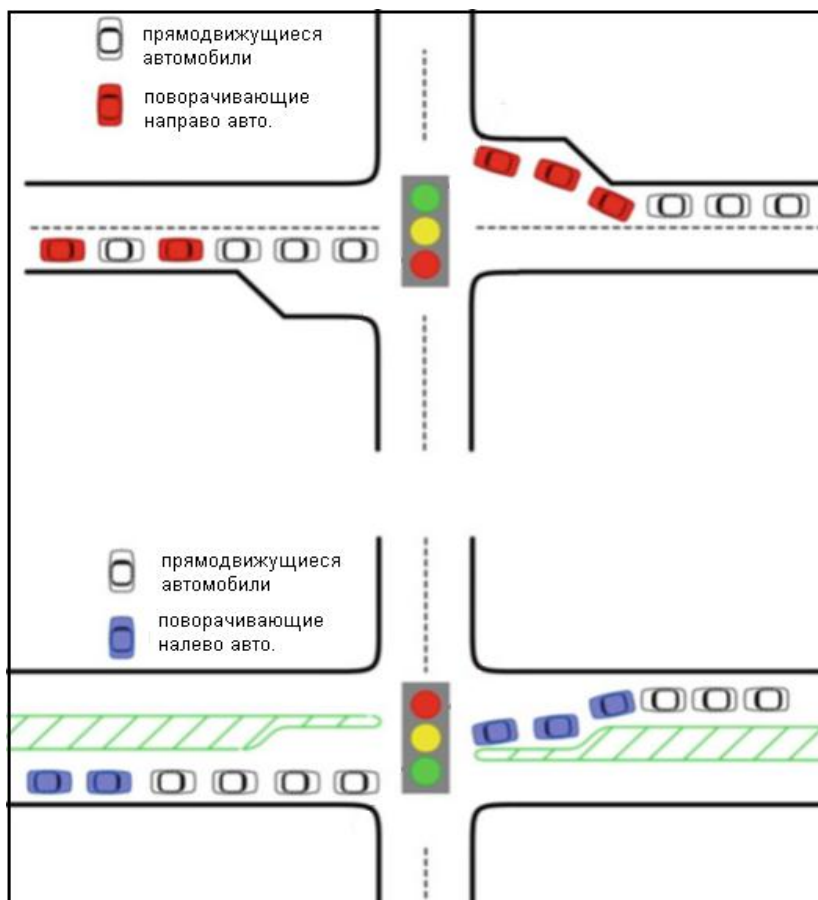


Рис. 1. Эффект «бутылочного горлышка» на светофорном объекте при недостаточной длине коротких полос для поворотов автомобилей

Применение коротких полос достаточной длины для поворотов на регулируемых перекрестках в городах России способно существенно повысить их общую пропускную способность [2]. Понятно, что применение коротких полос в условиях сформировавшейся плотной высотной застройки нецелесообразно, также плотная сеть коммуникаций является сложностью для устройства уширения проезжей части перед регулируемыми перекрестками. Однако при выполнении новых проектов элементов УДС возможно резервирование территорий для устройства перспективных уширений проезжей части или уже в проекте предусматривать уширения с учетом прогнозируемых длин очередей автомобилей.

В диссертационном исследовании [6] рассматривались следующие подходы к

понятию длина очереди перед светофорным объектом (рис. 2).

1. Фактическое количество стоящих транспортных средств на определенный момент времени.

2. Максимальное количество транспортных средств, остановившихся на красный сигнал.

3. Максимальное количество остановившихся транспортных средств на красный сигнал, а также автомобили, которые после включения зеленого сигнала вынуждены останавливаться.

4. Максимальное количество остановившихся транспортных средств на красный сигнал, а также автомобили, которые после включения зеленого сигнала вынуждены останавливаться или медленно приближаются к очереди.



Рис. 2. Определение понятия длина очереди перед светофорным объектом

Для учета изменяющихся во времени длин очередей разработаны модели, основывающиеся на теории волн и кинематике (Lighthill и Whithom, 1955; Richards, 1956). Первоначально разработанные модели были развиты для СО (Stephanopoulos, Michalopoulos и др. 1979-1981 гг).

Приведенная ниже схема (рис. 3) выполнена на основе [9], где приводится объяснение элементов схемы и пример расчета длины очереди на основе фундаментальной диаграммы и теории ударных волн на СО.

Новый подход к оценке длины очереди автомобилей в конце зеленого сигнала представлен в разработанном немецком нормативном документе HBS 2015 [8], в котором средняя длина очереди в конце разрешающего сигнала ($N_{кз}$) определяется в зависимости от интенсивности движения и пропускной способности полосы движения (рис. 4). В ранее разработанном нормативе HBS 2001 оценка $N_{кз}$ более сложная, так как применялись пять моделей оценки длины очереди для различных степеней загрузки [4].

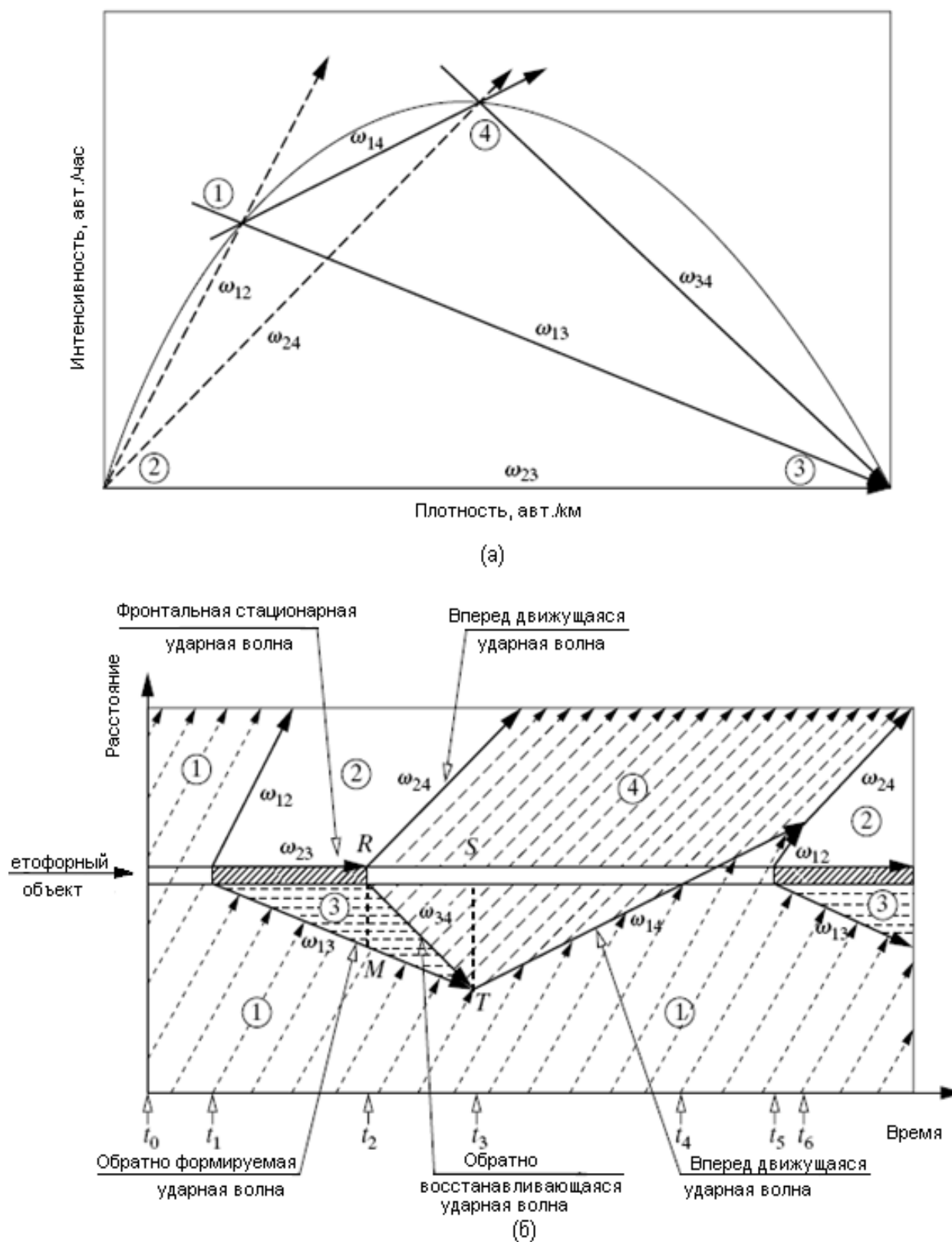


Рис. 3. Ударные волны на светофорном объекте

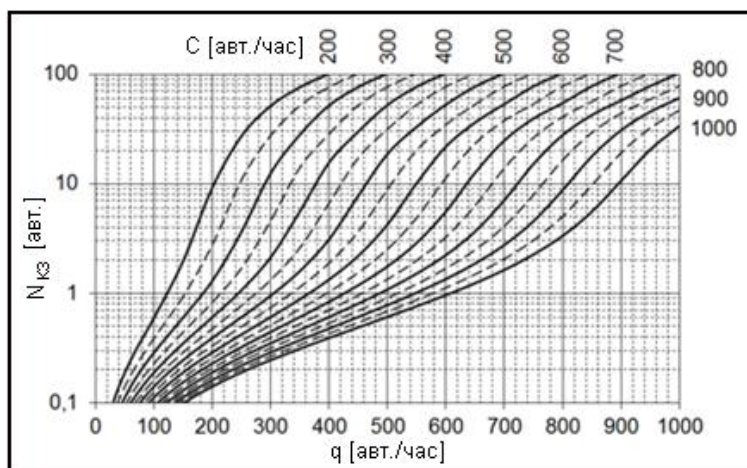


Рис. 4. Средняя длина очереди в конце зеленого сигнала $N_{кз}$ в зависимости от интенсивности движения q и пропускной способности C (при коэффициенте не стационарности 1,1 и периоде наблюдений 1 час)

На следующем рисунке (рис. 5) показано значение моделей оценки длины очереди в Германии согласно новому разработанному

нормативу HBS 2015 и предшествующему нормативу HBS 2001.

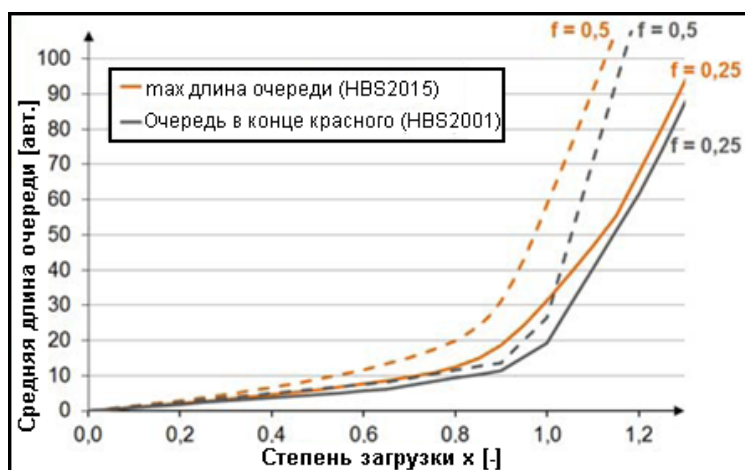


Рис. 5. Сравнение оценки длины очереди в нормативных документах Германии, где f -доля разрешающего сигнала, при длительности цикла 90сек, значении потока насыщения 2000 авт./час, коэффициенте не стационарности 1,1 [8]

Разница в оценке длины очереди для различных степеней загрузки может достигать ориентировочно до 30 автомобилей (рис. 6), что составляет, согласно зарубежным рекомендациям [4], 180 м (6 метров на один легковой автомобиль) полосы проезжей части.

Заключение

На основе анализа российских и зарубежных источников, а также ранее проведенного диссертационного исследования одним из важнейших критериев оценки эффективности светофорного регулирования, также являющимся основой для оценки качества дорожного движения является длина очереди автомобилей.

Исследование процесса образования очередей на светофорных объектах в России является актуальной задачей вызванной современным ростом уровня автомобилизации и не поспевающим за ним развитием УДС крупных городов.

Выделено два основных подхода к оценке длины очереди на СО:

- 1) на основе анализа ударных волн на фундаментальной диаграмме;
- 2) анализ входящих и выходящих транспортных потоков.

Возможным решением проблемы повышения общей пропускной способности регулируемых перекрестков в городах России является применение коротких полос для

поворотов, при этом неправильный выбор длины короткой полосы связан с возникновением эффекта «бутылочного горлышка».

Дальнейшие исследования автора будут заключаться в проведении натурных наблюдений на светофорных объектах в России с целью получения современной методики оценки длины очереди автомобилей для условий дорожного движения в России.

Библиографический список

1. Ахмадинуров, М.М. Математические модели управления транспортными потоками: монография / М.М. Ахмадинуров, Д.С. Завалищин, Г.А. Тимофеева. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2011. – 120 с.
2. Витолин, С.В. Совершенствование транспортных потребительских свойств изолированных регулируемых перекрестков улично-дорожной сети города: дис... канд. техн. наук: 05.23.11 / С. В. Витолин. – Волгоград, 2014.
3. Витолин, С.В. Современные методы регулирования транспортных потоков на светофорных объектах и оценка их эффективности / С.В. Витолин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета, Сер.: Строительство и архитектура. – 2015. – № 39. – С. 132-139.
4. Девятков, М. Основы теории транспортных потоков, организации и управления дорожным движением в России и Германии: учебное пособие на русском и немецком языках / М. Девятков, Р. Кюхлер, В. Девятков, С. Витолин. – Волгоград: Изд. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та, 2009. – 498 с.
5. Живоглазов, В.Г. Теория движения транспортных и пешеходных потоков / В.Г. Живоглазов. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион», 2005. – 1082 с.
6. Claudia Sánta. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften Rückstaulängenschätzung an signalisierten Knotenpunkten durch multiple lineare Regression, Technischen Universität München, 2015
7. Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 2001). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Nr. 299, FGSV Verlag GmbH, Köln.
8. Schmotz M., Dr.-Ing., Technische Univesität Dresden, VSVI-Seminar: Das neue HBS 2015, Koblenz 23. Februar 2016.
9. Nicholas J. Garber and Lester A. Hoel Traffic and Highway Engineering, Fourth Edition, 2009 Cengage Learning.

THE SIGNIFICANCE OF THE VEHICLE QUEUE LENGTH IN FRONT OF SIGNALIZED OBJECT AND MODERN APPROACHES OF ITS ESTIMATION

Abstract. This research offered the method of the increasing of general signalized intersections capacity

by the installing of the short turning lanes on traffic light objects in Russian cities. Here showed an example of bottleneck effect at the signalized intersection as a result of wrongly matching for the short turning lanes. Also represented the importance of the vehicle queue length assessment in front of traffic light objects. Moreover some modern approaches to a queue length assessment are considered.

Keywords: signalized object, signalized intersection, vehicle queue length, shock wave.

References

1. Ahmadinurov M.M., Zavalishin D.S., Timofeeva G.A. *Matematicheskie modeli upravleniya tranaportnymi potokami, monografija* [Mathematical models of management of transport streams].Ekaterinburg: Izd-vo UrGUPS, 2011. 120 p.
2. Vitolin S.V. *Sovershenstvovanie transportnyh potrebitelskih svoystv izolirovannyh reguliruemyyh perekrestkov ulichno-dorognoj seti goroda, diss. kandidata technicheskikh nauk* [Improvement of transport consumer properties of the isolated adjustable intersections of a street road network of the city: dis. cand. tech. sciences]. Volgograd, 2014.
3. Vitolin S.V. *Sovremennye metody regulirovaniya transportnyh potokov na svetofornyh obektah I ozenka ih effektivnosti* [Modern methods of regulation of transport flows on traffic light objects and assessment of their efficiency]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta, Ser.: Stroitelstvo i arhitektura*, 2015, no 39. pp. 132-139.
4. Devjatov M., Kuechler R., Devjatov V., Vitolin S. *Osnovy teorii transportnyh potokov, organizacii I upravleniya dordgnym dvigeniem v Rossii I Germanii* [Bases of the theory of transport streams, the organizations and managements of traffic in Russia and Germany]. Volgograd: Izd. Volgogr. gos. arhit.-stroit. un-ta, 2009. 498 p
5. Givoglyadov V.G. *Teorija dvigenija transportnyh I peschehodnyh potokov* [Theory of the movement of transport and pedestrian streams]. Rostov n/D: Izd-vo gurn. «Izv. vuzov. Sev.-Kavk. region», 2005. 1082 p.
6. Claudia Sánta. *Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften Rückstaulängenschätzung an signalisierten Knotenpunkten durch multiple lineare Regression*, Technischen Universität München, 2015
7. *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen* (HBS 2001). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Nr. 299, FGSV Verlag GmbH, Köln.
8. Schmotz M., Dr.-Ing., Technische Univesität Dresden, VSVI-Seminar: Das neue HBS 2015, Koblenz 23. Februar 2016.
9. Nicholas J. Garber and Lester A. Hoel *Traffic and Highway Engineering*, Fourth Edition, 2009, Cengage Learning.

Виталин Сергей Владимирович (Волгоград, Россия) – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры ИПТС ВолгГАСУ, ведущий инженер ООО «Аспект-Проект», (400074, Россия, г. Волгоград ул. Козловская 48, e-mail: vitolinsv@mail.ru).

Vitolin Sergey Vladimirovich (Volgograd, Russian Federation) – candidate technical sciences, Senior Teacher, Department of Investigation and Design of Transport Buildings, Lead Engineer of «Aspekt-Projekt», (400074, Russian Federation, Volgograd, Kozlovskaja street, 48, e-mail: vitolinsv@mail.ru).

УДК 629.1.032.001

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ БАЛАНСА МОЩНОСТИ МЕХАНИЗМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЯ

Р.А. Дидиков

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Россия, Санкт-Петербург.

Аннотация. Рассмотрена методика, позволяющая определить составляющие баланса мощности двухпоточного механизма распределения мощности в трансмиссии автомобиля, выполняющего функцию межколесного дифференциала, без обращения к конкретной кинематической схеме механизма. Для автомобиля с конкретными параметрами определены зависимости мощности буксования фрикционного элемента управления и потребной мощности двигателя, при различных значениях радиуса поворота, являющимися основой для прочностных расчетов и оценки энергоэффективности трансмиссии автомобиля.

Ключевые слова: автомобиль, механизм распределения мощности, баланс мощности, трансмиссия автомобиля, дифференциал.

Введение

Основной функцией механизма распределения мощности (МРМ) в трансмиссии автомобиля является распределение мощностных потоков между ведущими колесами или мостами. Простейшим примером МРМ в трансмиссии автомобиля является простой симметричный межколесный дифференциал. Такие МРМ чрезвычайно широко используются, но их характеристики (особенности распределения мощности при потере сцепления с грунтом одного из колес, возможности по реализации управления величинами распределяемых мощностей и др.) в значительной степени ограничивают возможности по повышению эксплуатационно-технических свойств автомобиля и, как следствие, уже не удовлетворяют автопроизводителей. Работа над совершенствованием характеристик МРМ привела к появлению широкой гаммы конструкций механизмов [1, 2]. За последние два десятилетия сформировался класс механизмов, нашедших применение на серийно выпускаемых моделях автомобилей, представляющий собой двухпоточные МРМ с возможностью управляемого перераспределения мощностных потоков (и, как следствие – тяги) между колесами

ведущих осей [3-5]. В России такие автомобили не выпускаются, публикаций по вопросам оптимизации параметров и синтеза схем таких МРМ мало [6,7] и проблема не имеет систематического описания в литературе.

Кинематический и силовой анализ двухпоточных МРМ, представляющих собой, как правило, планетарные редукторы с двумя степенями свободы, не является тривиальной задачей [8]. Тем не менее, на основе известных положений теории планетарных передач [9] она вполне разрешима. Решать ее необходимо, например, при проектировании конкретного механизма, когда ее результаты являются основой для проведения расчетов на прочность, долговечность и др. При этом кинематическая схема МРМ уже должна быть известна, как и числа зубьев шестерен (или кинематические параметры планетарных механизмов). А эти задачи решаются на стадии синтеза МРМ.

Методики синтеза, положенные в основу теории планетарных передач, позволяют разрешить задачу и для двухпоточных планетарных механизмов (в том числе решена проблема автоматизации синтеза планетарных редукторов с различным числом

степеней свободы [10]). Но не решен вопрос о рациональном выборе потребных значений основных параметров МРМ, не зависящих от его схемы. Таковыми параметрами являются, как минимум, реализуемые значения передаточного числа между колесами бортов (или ведущими мостами, если рассматривается межосевой МРМ) и рабочие частоты золотников системы управления (поскольку в известных конструкциях для контроля сжатия пакетов дисков фрикционных элементов управления (ФЭУ) МРМ в гидроприводе применяется широтно-импульсная модуляция управляющего давления). Важным параметром является и мощность, рассеиваемая при буксовании ФЭУ, так как ее величина определяет теплонапряженность узлов МРМ, долговечность пакета дисков ФЭУ и др.

По характеру решаемых задач, способу их решения, устройству, МРМ современных автомобилей [3-6] весьма сходны с механизмами поворота гусеничных машин [11, 12], что позволяет использовать в качестве основы разработанный для этих агрегатов оригинальный подход к определению составляющих баланса мощности [13].

Определение составляющих баланса мощности МРМ

Рассмотрим методику определения составляющих баланса мощности МРМ, в котором один из ФЭУ является буксующим. Управляемое буксование ФЭУ реализуется за счет контроля усилия сжатия пакета дисков, например, посредством широтно-импульсной модуляции давления при гидравлической системе управления или контроля силы тока (напряжения) при электромагнитном приводе [14]. Данный принцип отработан на примерах замкнутой системы управления поворотом быстроходных гусеничных машин [15-18].

Рассмотрим упрощенную расчетную схему поворота двухосного автомобиля (рис. 1). Подобная схема использовалась нами при определении значений передаточных отношений управляемого МРМ [6]. На рисунке 1 приведены обозначения основных рассматриваемых далее параметров.

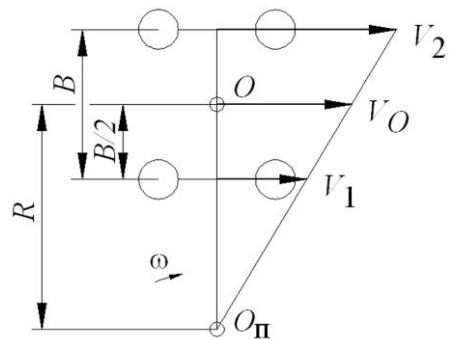


Рис. 1. Схема поворота автомобиля (задний мост) с двухпоточным МРМ: 1 и 2 – отстающий и забегающий

борта, O – центр моста, O_{Π} – полюс поворота,

B – ширина колеи, R и Ω – радиус

и угловая скорость поворота, V_1 – скорость

отстающего борта, V_2 – скорость забегающего борта;

V_0 – скорость центра моста

Представим МРМ в виде «черного ящика» (рис. 2), имеющего четыре внешних звена o , 1, 2, Э. Кинематическая схема МРМ не важна, составляющие его механизмы (например, простые и планетарные зубчатые механизмы, постоянно включенные в повороте фрикционные элементы) характеризуются тем, что их передаточные отношения не зависят от скоростей вращения звеньев.

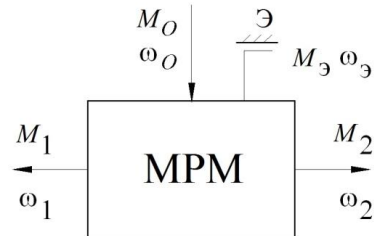


Рис. 2. Схема МРМ с фрикционным регулированием выходных моментов

Гидродинамические передачи в состав МРМ не входят. В такой постановке задачи МРМ удовлетворяет ограничению, сформулированному в работе [13].

На входное (ведущее) звено подаются крутящий момент m_o при угловой скорости ω_o . Угловая скорость этого звена постоянна при любом режиме движения. С полюсей (выходных звеньев) снимаются моменты M_1 и M_2 при угловых скоростях ω_1 и ω_2 .

Угловые скорости полюсей связаны с линейными скоростями бортов соотношениями $\omega_1 = V_1/r_k$ и $\omega_2 = V_2/r_k$. Здесь

r_k – радиус качения колеса, значение которого можно определить по известным методикам [19].

Имеется буксующий элемент управления, на котором реализуется крутящий момент M_3 . Буксование происходит при угловой скорости ω_3 . Элемент управления выполняется в виде тормоза или блокирующей муфты. В состав МРМ может входить несколько элементов управления. При одновременном включении нескольких ФЭУ буксующим окажется только один (как правило – тот, коэффициент запаса у которого меньше, чем у остальных).

По аналогии с передаточным отношением механизма поворота гусеничной машины [11] введем межбортовое передаточное отношение для МРМ: $u = \omega_2 / \omega_1$.

При полностью включенном Э (по аналогии с режимом фиксированного поворота [13]) передаточное отношение МРМ характеризуется внешним параметром $u_\phi = \omega_{2\phi} / \omega_{1\phi}$.

В качестве внешнего параметра рассмотрим передаточное отношение МРМ при остановленном ведущем звене и полностью выключенном ФЭУ Э:

$$u_0 = \left. \frac{\omega_2}{\omega_1} \right|_{\omega_0=0}$$

В статье [6] рассмотрен вопрос об определении значений этих внешних параметров.

Для определения потребной мощности двигателя составим баланс мощности МРМ (см. рис. 2):

$$M_1 \omega_1 + M_2 \omega_2 + M_0 \omega_0 + M_3 \omega_3 = 0 \quad (1)$$

Данное равенство справедливо при любых скоростях вращения звеньев, допустимых данным МРМ, в том числе, при скоростях вращения звеньев, характерных для фиксированного поворота:

$$M_1 \omega_{1\phi} + M_2 \omega_{2\phi} + M_0 \omega_0 + M_3 \omega_{3\phi} = 0 \quad (2)$$

Здесь моменты для звеньев 1,2,0,Э взяты при движении с текущим значением радиуса поворота.

Поскольку $\omega_{3\phi} = 0$, получим $M_0 \omega_0 = -(M_1 \omega_{1\phi} + M_2 \omega_{2\phi})$. Знак «-» указывает направление потока мощности.

Без учета потерь мощности в трансмиссии до МРМ, можно записать:

$$N_{ab} = M_1 \omega_{1\phi} + M_2 \omega_{2\phi} = \omega_{1\phi} (M_1 + M_2 u_\phi) = V_{1\phi} (P_1 + P_2 u_\phi) \quad (3)$$

Здесь силы тяги на колесах: $P_1 = M_1 / r_k$ и $P_2 = M_2 / r_k$. Вычитая из (2) выражение (1), получаем:

$$M_3 \omega_3 = M_1 (\omega_{1\phi} - \omega_1) + M_2 (\omega_{2\phi} - \omega_2)$$

В режиме буксования ФЭУ МРМ имеет две степени свободы, так как все элементы управления, помимо ФЭУ Э, полностью включены. Скорости вращения любого звена, в том числе и звена 0, для механизма с двумя степенями свободы являются линейной функцией скоростей вращения двух звеньев. Пусть это будут скорости вращения звеньев 1 и 2:

$$A_0 \omega_0 = A_1 \omega_1 + A_2 \omega_2$$

Здесь A_0, A_1, A_2 – постоянные, зависящие от конструкции МРМ и подлежащие определению.

Тогда $u_0 = \left. \frac{\omega_2}{\omega_1} \right|_{\omega_0=0} = -A_1 / A_2$, следовательно,

$$A_1 = -u_0 A_2$$

С учетом постоянства скорости вращения звена 0:

$$\omega_2 - u_0 \omega_1 = (A_0 / A_1) \omega_0 = const$$

В частности, $\omega_2 - u_0 \omega_1 = \omega_{2\phi} - u_0 \omega_{1\phi}$

Тогда

$$N_3 = (M_1 + u_0 M_2) (\omega_{1\phi} - \omega_1) = (P_1 + u_0 P_2) (V_{1\phi} - V_1) \quad (4)$$

Рассмотрим в качестве примера построение баланса мощности для МРМ с определенными в статье [6]. Кинематическая схема агрегата приведена на рисунке 3.

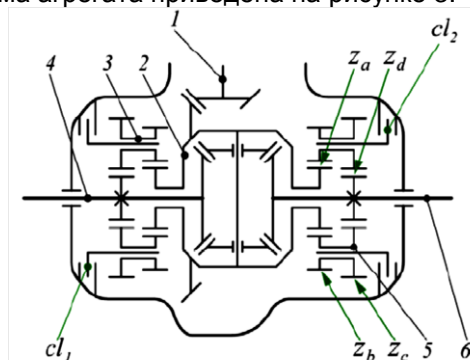


Рис. 3. Пример кинематической схемы двухпоточного МРМ (Система ZF Vector Drive) [4]: 1 – ведущая шестерня; 2 – дифференциал; 3 – планетарная передача 1; 4 – левая полуось; 5 – планетарная передача 2; 6 – правая полуось; cl – элемент управления; z – число зубьев

Межбортовое передаточное отношение при фиксированном повороте $u_\phi = 1,44$ (этому режиму соответствует минимальный радиус поворота машины $R = 5 \text{ м}$; ширина колеи задних колес $B = 1,8 \text{ м}$).

Для рассматриваемого МРМ $u_0 = -1,0$, как в случае простого дифференциала.

Примем значения коэффициентов сопротивления качению колеса и коэффициента сцепления с грунтом $f = 0,02$ и $\varphi = 0,6$. Движение двухосного автомобиля происходит на горизонтальной поверхности, сопротивление воздуха не учитывается. Масса автомобиля $m = 1800 \text{ кг}$, распределение нормальной нагрузки по колесам равномерное.

Поворот машины с радиусом менее 5 м невозможен (теоретически его можно получить, подтормаживая колесо отстающего борта с помощью остановочного тормоза, но такой режим работы не предусмотрен). Критическая скорость по началу заноса автомобиля в рассматриваемых дорожных условиях при повороте с этим радиусом составляет приблизительно 3 м/с (около 11 км/ч).

При этом фиксированная линейная скорость забегающего борта составит $V_{2\phi} = 3,5 \text{ м/с}$.

Передаточное отношение между бортами для любого режима движения определяется по зависимости:

$$u = \frac{R + 0,5B}{R - 0,5B}.$$

При повороте автомобиля максимальная сила тяги на забегающем борту ограничена по сцеплению с грунтом:

$$P_{2\phi} \leq \varphi m g / 4 = 2,72 \text{ кН}.$$

Сила тяги на отстающем борту формируется МРМ. Мощность подводится к забегающему борту двумя суммирующимися на полуоси потоками: через простой дифференциал и через планетарный ряд забегающего борта. На отстающий борт мощность подводится одним потоком – через дифференциал, поэтому сила тяги на колесе отстающего борта меньше, чем на колесе забегающего, а рекуперация мощности на всех режимах работы МРМ невозможна.

Целесообразно задать закон формирования силы $P_1 \leq \varphi m g / 4$ таким образом, чтобы радиусы силового и кинематического поворота совпадали: $P_1 = P_2 / u$.

Возможно применение иных законов изменения сил P_1 и P_2 – например, при работе МРМ в составе системы стабилизации движения момент, компенсирующий возмущающее внешнее воздействие, создается как раз за счет разницы этих сил. Ограничения в этом случае задаются условиями движения, а также кинематическими и силовыми характеристиками МРМ. МРМ в этом случае обязательно работает в составе замкнутой (следящей) системы управления [15] с обеспечением обратной связи по угловой скорости и угловому ускорению автомобиля.

На рис. 4 показано изменение потребной мощности двигателя и мощности, рассеиваемой на элементе управления, в зависимости от радиуса поворота.

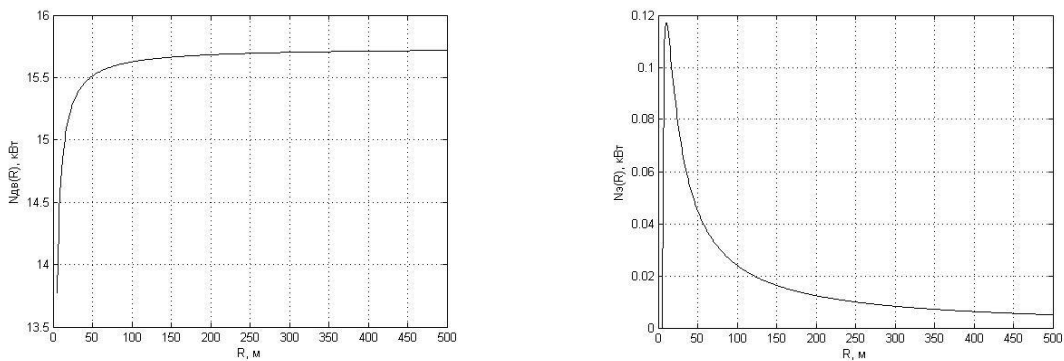


Рис. 4. Вид расчетных зависимостей потребной мощности двигателя $N_{дв}(R)$ и мощности, рассеиваемой на буксирующем элементе управления МРМ $N_c(R)$ от радиуса поворота в диапазоне радиусов поворота $R = (5 - 500) \text{ м}$

Потребная мощность двигателя ограничена значением $N_{дв} \approx 15,75 \text{ кВт}$. Вид расчетной зависимости обусловлен принятым законом изменения сил тяги на ведущих колесах бортов в зависимости от значения радиуса поворота.

Мощность буксования элемента управления при повороте с фиксированным радиусом нулевая (буксования нет, элемент управления полностью включен), затем величина возрастает и достигает максимума ($N_{с} \approx 120 \text{ Вт}$ при радиусе поворота около 12 м) и далее снижается. При прямолинейном движении расчетная мощность буксования равна нулю. Наличие пика мощности буксования обусловлено сочетанием достаточно больших сил тяги на бортах и значительной угловой скорости буксования пакета дисков. Данная мощность в основном идет на нагревание пакета дисков элемента управления и определяет его долговечность.

Аналогичные расчеты можно провести для всего эксплуатационного диапазона скоростей машины, учитывая ограничения, накладываемые устойчивостью движения.

Заключение

1. Методика построения баланса мощности фрикционного механизма поворота гусеничной машины может быть применена к МРМ автомобиля и использована при выполнении прочностных расчетов деталей самого механизма, а также при оценке энергоэффективности трансмиссии автомобиля.

2. При определении значений составляющих баланса мощности МРМ в общем случае кинематическая схема не требуется, достаточно определения внешних параметров (набора передаточных отношений), характеризующих механизм.

3. Определение параметров буксования элемента управления МРМ позволяет перейти к оценке его долговечности и тепловой нагруженности.

Библиографический список

1. Конструкция автомобиля. Шасси / Н.В. Гусаков, И.Н. Зверев, А.Л. Карунин и др.; Под общ. ред. А.Л. Карунина. – М.: МАМИ, 2000. – 528 с.: ил.
2. Андреев, А.Ф. Дифференциалы колесных машин / А.Ф. Андреев, В.В. Ванцевич, А.Х. Лефаров.; Под ред. Лефарова А.Х. – М.: Машиностроение, 1987. – 176 с.: ил.
3. Автомобильный справочник: [пер. с англ. / Фирма] «Bosch»/ К. Райф и др. – [3-е изд.]. – М.: За рулем, 2012. – 1274 с.: ил.
4. Планетарный механизм с двумя солнечными шестернями с разным диаметром.

Пат. US 8057351 В2 США. Электронный каталог патентов. – Режим доступа: <http://www.google.com/patents/DE102006054404A1?hl=ru>.

5. Development of Super AYC / Y. Ushiroda, K. Sawase, N. Takahashi, K. Suzuki, K. Manabe. // «Technical review» – 2003. – № 15. – С. 73-76.

6. Дидиков, Р.А. К вопросу о выборе кинематических схем шестеренчатых МРМ / Р.А. Дидиков, Р.Ю. Добрецов // Автомобильная промышленность: ежемесячный научно-технический журнал / Министерство образования и науки РФ; ОАО «Автосельхозмаш-холдинг». – М., 2014. – № 9. – С. 12-14.

7. Оценка быстродействия системы гидравлического привода механизма распределения мощности / Р.А. Дидиков, Р.Ю. Добрецов // Неделя науки СПбГУ: материалы форума с международным участием. Институт энергетики и транспортных систем. Часть 1. – СПб, Изд-во Политехн. ун-та, 2015, – 352 с. – С. 27-30.

8. Гладов, Г.И. Дифференциал с управляемым распределением крутящих моментов по колесам автомобиля / Г.И. Гладов, С.А. Лобанов // Автомобильная промышленность: ежемесячный научно-технический журнал / Министерство образования и науки РФ; ОАО «Автосельхозмаш-холдинг» – 2004. – № 5. – С.36-40.

9. Харитонов, С.А. Автоматические коробки передач / С.А. Харитонов. – М.: ООО «Издательство Астрель», ООО «Издательство АСТ», 2003. – 335 с. ил.

10. Шеломов, В.Б. Структурный синтез кинематических схем планетарных коробок передач / В. Б. Шеломов // Теория механизмов и машин (ТММ): периодический научно-методический журнал / Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. Кафедра ТММ. – СПб., 2010. – Т. 8 №1(15). – С. 52-61.

11. Расчет и конструирование гусеничных машин: учебник для вузов / Н.А. Носов, В.Д. Галышев, Ю.П. Волков, А.П. Харченко; под ред. Н.А. Носова. – Ленинград: Машиностроение, 1972. – 559 с.

12. Шеломов, В.Б. Теория движения многоцелевых гусеничных и колесных машин. Тяговый расчет криволинейного движения: учебное пособие для вузов по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» / В.Б. Шеломов; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 90 с.

13. Шеломов, В.Б. Мощности двигателя и буксования фрикционного элемента управления поворотом гусеничной машины / В.Б. Шеломов, Р.Ю. Добрецов // Научно-технические ведомости СПбГПУ, серия «Наука и образование». – 2010. – № 2, Т. 2. – С. 87-91.

14. Иванов, В.А. Теория дискретных систем автоматического управления: учеб. пособие для вузов / В.А. Иванов, А.С. Ющенко; Под ред. Е.П. Попова. – Москва: Наука, 1983. – 335 с.

15. Замкнутые системы управления поворотом гусеничных машин - Closed-loop control system for tracked vehicle steering / Ю.В. Галышев и др. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер.: Наука и образование / Министерство образования и науки РФ; Санкт-Петербургский гос. политехн. ун-т. – Санкт-Петербург, 2014. – № 3 (202). – С. 201-208.

16. Добрецов, Р.Ю. Учет энергетических параметров механизмов поворота при комплексной оценке потерь мощности в шасси транспортных гусеничных машин / Р.Ю. Добрецов // Научно-технические ведомости СПбГПУ, серия «Наука и образование». – 2011. – №1. – С. 122-128.

17. Поворот быстроходной гусеничной машины: определение параметров энергоэффективности шасси / Р.Ю. Добрецов // АПЗиБ. БТИВ. Труды XLIII научно-практической конференции. / под ред. В.А. Петрова, М.В. Сильникова, А.М. Сазыкина. – М.: Издание ФГБУ «РАРАН», 2015. – Т. 3 – С. 103-111.

18. Галышев, Ю.В. Исследования и разработки ученых СПбГПУ в области оборонной техники (по материалам IX-й международной выставки вооружения, военной техники и боеприпасов) / Ю.В. Галышев, Р.Ю. Добрецов, Г.П. Поршнев, С.И. Худорожков // «Научно-технические ведомости СПбГПУ», серия «Наука и образование». – 2014. – №1. – С. 26-32.

19. Смирнов, Г.А. Теория движения колесных машин / Г.А. Смирнов. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.

METHODS OF POWER BALANCE EQUITATION COMPONENTS DEFINITION FOR THE POWER DISTRIBUTION MECHANISM IN THE VEHICLE TRANSMISSION

R.A. Didikov

Abstract. An issue examined of defining the components of the power balance equation for the dual power path distribution mechanism (interwheel differential) in the power transmission, irrespectively to concrete kinematic scheme. Calculations for the functional relations of control clutch unit frictional power as well as the engine requisite power from the turning radius introduced in the article with regards to the concrete vehicle parameters. Calculations serve the basis for the strength and durability calculations of the power distribution mechanism as well as overall efficiency of the vehicle power transmission.

Keywords: vehicle, power distribution mechanism, power balance, transmission, differential.

References

1. Gusakov N. V., Zverev I. N., Karunin A. L. i dr., Pod obshch. red. Karunina A. L. *Konstruktsiia avtomobilia. Shassi* [Vehicle design. Chassis]. Moscow, MAMI, 2000. 528 p.

2. Andreev A. F., Vantsevich V. V., Lefarova A. Kh. *Differentsialy kolesnykh mashin* [Differentials for wheeled vehicles]. Moscow, Mashinostroenie, 1987. 176 p.

3. Raif K. i dr. *Avtomobil'nyi spravochnik*: per. s angl. / Firma "Bosch" [Automotive handbook / "Bosch" corporation]. [3-e izd.], Moscow, Za rulem, 2012. 1274 p.

4. Planetarnyi mekhanizm s dvumia solnechnymi shesterniami s raznym diametrom. Pat. US 8057351 B2 SShA. Elektronnyi katalog patentov – rezhim dostupa: <http://www.google.com/patents/DE102006054404A1?hl=ru>

5. Ushiroda Y., Sawase K., Takahashi N., Suzuki K., Manabe K. Development of Super AYC «*Technical review*», 2003, №15, pp. 73-76.

6. Didikov R.A., Dobretsov R.Iu. K voprosu o vybere kinematicheskikh skhem shesterenchatykh MRM. *Avtomobil'naia promyshlennost': ezhemesiachnyi nauchno-tekhnicheskii zhurnal*, Moscow, 2014, № 9, pp 12-14.

7. Didikov R.A., Dobretsov R.Iu. Otsenka bystrodeistviia sistemy gidravlicheskogo privoda mekhanizma raspredeleniia moshchnosti. *Nedelia nauki SPbPU: materialy foruma s mezhdunarodnym uchastiem. Institut energetiki i transportnykh sistem. Chast' 1*, Saint-Petersburg, Polytechnic university, 2015, pp. 27-30.

8. Gladov G.I., Lobanov S.A. Differentsial s upravliaemym raspredeleniem krutiashchikh momentov po kolesam avtomobilia. *Avtomobil'naia promyshlennost': ezhemesiachnyi nauchno-tekhnicheskii zhurnal*, 2004, № 5, pp 36-40.

9. Kharitonov S.A. *Avtomaticheskie korobki peredach* [Automatic gearboxes]. Moscow, OOO «AST publishing», 2003. 335 p.

10. Shelomov V.B. Strukturnyi sintez kinematicheskikh skhem planetarnykh korobok peredach. *Teoriia mekhanizmov i mashin (TMM) : periodicheskii nauchno-metodicheskii zhurnal*, Saint Petersburg state polytechnical university, Saint Petersburg, 2010, vol.8, №1(15), pp. 52-61.

11. Nosov N.A., Galyshev V.D., Volkov Iu.P., Kharchenko A.P. *Raschet i konstruirovaniye gusenichnykh mashin : Uchebnyk dlia vuzov* [Design calculations and structural design of tracked vehicles: college textbook]. Leningrad, Mashinostroenie, 1972. 559 p.

12. Shelomov V. B. *Teoriia dvizheniia mnogotselevykh gusenichnykh i kolesnykh mashin. Tiagovyi raschet krivolineinogo dvizheniia: uchebnoe posobie dlia vuzov po spetsial'nosti «Avtomobile- i traktorostroenie»* [Motion theory of multipurpose tracked and wheeled vehicles. Traction dynamics calculation for nonlinear motion case. Educational book for university specialist in «Automotive and tractor design»]. Saint Petersburg state polytechnic university, Saint-Petersburg, 2013. 90p.

13. Shelomov V.B., Dobretsov R.Iu. Moshchnosti dvigatel'ia i buksovaniia friktsionnogo elementa upravleniia povоротom gusenichnoi mashiny, *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU, seria «Nauka i obrazovanie»*, 2010, vol.2, №2, pp. 87-91.

14. Ivanov V.A., Iushchenko A.S. *Teoriia diskretnykh sistem avtomaticheskogo upravleniia: Ucheb. posobie dlia vtuzov* [Theory of discrete automatic control systems: Educational book for universities]. Moscow, Science publishing, 1983. 335 p.

15. Galyshev Iu.V. i dr. Zamknutyie sistemy upravleniia povorotom gusenichnykh mashin. Closed-loop control system for tracked vehicle steering. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Ser.: Nauka i obrazovanie*, Saint Petersburg state polytechnic university, Saint-Petersburg, 2014, no 3 (202), pp. 201-208.

16. Dobretsov R.Iu. Uchet energeticheskikh parametrov mekhanizmov povorota pri kompleksnoi otsenke poter' moshchnosti v shassi transportnykh gusenichnykh mashin, *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU, seriia «Nauka i obrazovanie»*, no 1, 2011, p. 122-128.

17. Dobretsov R.Iu. Povорот bystrokhodnoi gusenichnoi mashiny: opredelenie parametrov energoeffektivnosti shassi. *APZiB. BTiV. Trudy XLIII nauchno-prakticheskoi konferentsii*, 2015, Tom 3, Moscow, Izdanie FGBU «RARAN», pp. 103-111.

18. Galyshev Iu.V., Dobretsov R.Iu., Porshnev G.P., Khudorozhkov S.I. Issledovaniia i razrabotki uchenykh SPbGPU v oblasti oboronnoi tekhniki (po materialam IX-i mezhdunarodnoi vystavki

vooruzheniia, voennoi tekhniki i boeprispasov), «*Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU*», seriia «*Nauka i obrazovanie*», 2014, no 1. pp. 26-32.

19. Smirnov G.A. *Teoriia dvizheniia kolesnykh mashin* [Motion theory for wheeled vehicles], 2-e izd, Moscow, Mashinostroenie, 1990. 352 p.

Дидиков Роман Александрович (Россия, Санкт-Петербург,) – аспирант кафедры «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: Didikovr@yahoo.com).

Didikov Roman Aleksandrovich (Russian Federation, Saint Petersburg,) – postgraduate student, Department of Vehicles and engine units engineering, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (195251, Politekhnikheskaya Str. 29, St. Petersburg, Russia; e-mail: Didikovr@yahoo.com).

УДК 629.027

ДЕГАЗАЦИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АМОРТИЗАТОРА

О.Л. Маломыжев¹, А.Г. Семенов², В.В. Скутельник¹

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИРНИТУ)

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)

Аннотация. Проведен анализ причин, вызывающих снижение эффективности работы гидравлических амортизаторов подвески автомобилей, в результате которого, разработана новая технология их изготовления. Способ изготовления гидравлического амортизатора заключается в заправке амортизатора маслом в качестве рабочей жидкости с предварительными, до его герметизации, мерами по снижению газовыделения из масла в процессе работы амортизатора. Непосредственно перед заправкой масло дегазируют, нагрев его до температуры выше максимальной рабочей и ниже температуры вспышки, в частности до: $T = (70-80) ^\circ\text{C}$ для амортизаторной жидкости (масла) АМГ-10 (ГОСТ 6794-75); $T = (100-130) ^\circ\text{C}$ для амортизаторных жидкостей (масел) МГП-12 (ТУ 38.301-29-40-97, славол-АЖ) и ГРЖ-12 (ТУ 0253-048-0567-924-96); $T = (130-145) ^\circ\text{C}$ для амортизаторной жидкости (масла) MOTUL Shock Oil Factory Line VI 400; $T = (130-150) ^\circ\text{C}$ для амортизаторной жидкости (масла) АЖ-12Т (ГОСТ 23008-78). Герметизацию амортизатора осуществляют до остывания масла в нем, по крайней мере, до максимальной рабочей температуры. Технический результат реализации предложения – повышение эффективности и ремонтпригодности амортизатора.

Ключевые слова: наземный транспорт, ходовая часть, подвеска, плавность хода, гидравлический амортизатор, газовыделение, дегазация масла.

Введение

Плавность хода автомобилей, управляемость, сцепление шин с дорожным покрытием в значительной мере зависят от гидравлических амортизаторов подвески [1] и эффективности их работы. Так при недостаточной эффективности работы амортизаторов, обусловленных их неисправностью, либо несовершенством

конструкции, возникает вероятность отрыва от дорожного покрытия (подпрыгивание колес).

Основную функцию, амортизатор выполняет на ходе отдачи (при вытягивании штока). При этом в полости цилиндра возникает значительное снижение давления, которое обуславливает возникновение в масле газовых пузырьков, вследствие выхода

растворенного в масле газа и легких фракций углеводородов в свободное состояние. Процесс возникновения в масле газовых пузырьков объясняется в работе [2] и описывается формулой

$$\rho_{см} = \begin{cases} \frac{\rho_m}{1 + KRT_i \left(\frac{P_p}{P_i} e^{\frac{B}{T_p}} - e^{\frac{B}{T_i}} \right)}, & \text{при } P_i < P_p \text{ и } T_i > T_p, \\ \rho_m, & \text{при } P_i \geq P_p \text{ и } T_i \leq T_p, \end{cases} \quad (1)$$

где $\rho_{см}$ – плотность газомасляной смеси, кг/м³; ρ_m – плотность масла, кг/м³; K – коэффициент учитывающий растворимость газа в масле от температуры, К; B – коэффициент учитывающий растворимость газа в масле от давления, Па; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); T_i – текущее значение температуры, К; P_p и T_p – давление, Па и температура, К равновесной растворимости, соответственно, при которых в масле отсутствуют газовые пузырьки.

При этом, удельное объемное содержание газовой фазы в масле ΔV_G составит

$$\Delta V_G = \frac{\rho_m}{\rho_{см}} \quad (2)$$

Из формулы (1) видно, что если фактические значения давления P_i и температуры T_i отличаются от P_p и T_p , то в масле возможно возникновение газа в свободном состоянии (газовых пузырьков).

Если гидравлический амортизатор подвески заправлен, а масло при нормальных условиях, т.е. атмосферном давлении 0,1 МПа и температуре окружающей среды 20 °С, то повышение температуры масла выше указанной или снижение давления ниже атмосферного, неизбежно приводит к возникновению в масле газа в свободном состоянии (газовых пузырьков).

При работе амортизатора его температура, а следовательно и температура масла, неизбежно повышаются. На ходе отдачи, при вытягивании штока амортизатора, под поршнем, давление становится значительно ниже 0,1 МПа. Образующийся, при этом газ в свободном состоянии снижает вязкость образовавшейся

газомасляной среды и, кроме того, значительно увеличивает ее объем.

Указанные явления, возникающие при работе гидравлического амортизатора подвески, снижают его эффективность [3]. Для сохранения эффективности работы гидравлических амортизаторов принято заполнять его полости сжатым газом, который обеспечивает повышенное внутреннее давление, вследствие чего, при вытягивании штока, давление под поршнем не может снизиться ниже равновесного. Помимо этого, давление внутри амортизатора настолько велико, что повышение температуры, обусловленное работой амортизатора, не способно вызвать выход газа из растворенного состояния в свободное.

Однако повышенное давление в устройстве сопряжено с большим механическим воздействием на детали, а наличие вполне реальной угрозы разгерметизации амортизатора (с естественным выравниванием давления до атмосферного) снижает его надежность. Кроме того, снижается ремонтпригодность амортизатора (как технологически, так и экономически).

В данной статье предлагается иной, отличный от общепринятых, способ повышения эффективности двухтрубных гидравлических амортизаторов подвески. Его сущность заключается в частичном удалении растворенных в амортизаторном масле газов (дегазации) непосредственно перед заправкой им амортизатора. В результате происходит изменение давления и температуры равновесной растворимости и, следовательно, уменьшение количества газовых пузырьков в амортизаторном масле, а значит – повышение эффективности амортизаторов.

Сжатая формулировка технического предложения (технологии)

Авторы предлагают следующее решение поставленной в п.1 технической задачи (в сравнении с выбранным прототипом [4] и в сжатой формулировке, концентрирующей в себе только его сущность).

В рамках главной совокупности технологических признаков (операций):

в способе изготовления гидравлического амортизатора, при котором амортизатор заправляют маслом в качестве рабочей жидкости и, предприняв меры по снижению газовой выделению из масла в процессе работы амортизатора, герметизируют его, непосредственно перед заправкой масло дегазируют, нагрев его до температуры выше

максимальной рабочей и ниже температуры вспышки (в открытом тигле), а герметизацию амортизатора осуществляют до остывания масла в нем, по крайней мере, до максимальной рабочей температуры.

В рамках *дополнительных совокупностей технологических признаков (операций)*, наряду с указанной в предыдущем абзаце основной совокупностью:

1) амортизаторную жидкость (масло) марки АМГ-10 перед заправкой амортизатора могут нагревать до температуры (70 – 80) °С (это позволяет в максимально возможной степени ее дегазировать, не допустив при этом ее воспламенения, поскольку температура воспламенения указанной марки составляет 92 °С);

2) амортизаторную жидкость марок МГП-12 и ГРЖ-12 перед заправкой амортизатора могут нагревать до температуры (100 – 130) °С (это позволяет в максимально возможной степени ее дегазировать, не допустив при этом ее воспламенения, поскольку температура воспламенения указанных марок составляет 140 °С);

3) амортизаторную жидкость марки *MOTUL Shock Oil Factory Line VI 400* перед заправкой амортизатора нагревают до температуры (130 – 145) °С (это позволяет в максимально возможной степени ее дегазировать, с запасом при этом ее воспламенения, поскольку температура воспламенения указанной марки составляет 154 °С);

4) амортизаторную жидкость марки АЖ-12Т перед заправкой амортизатора могут нагревать до температуры (130 – 150) °С (это позволяет в максимально возможной степени ее дегазировать, не допустив при этом ее воспламенения, поскольку температура воспламенения указанной марки составляет 165 °С).

Развернутое описание технического предложения

Указанный диапазон принудительного увеличения температуры масла можно считать наиболее эффективным для масел с малой вязкостью, применяемых обычно в автомобильных амортизаторах, например масла АМГ-10, поскольку наиболее энергонапряженные амортизаторы (современных легковых, спортивных автомобилей) рассчитаны на рабочую температуру порядка (40 – 60) °С, для более полной дегазации масла требуется рост температуры, а «сверху» рост температуры ограничен окислением, изменением физико-химических свойств и температурой вспышки (см. табл. 1 [5]).

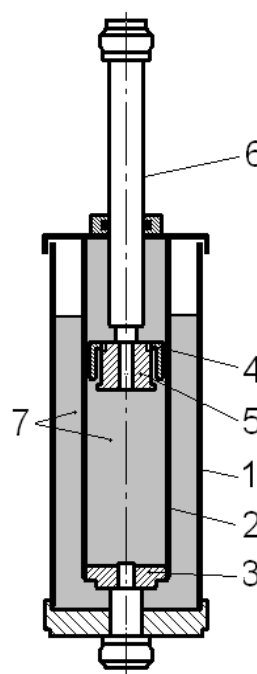


Рис.1. Устройство гидравлического амортизатора

Таблица 1 – Температура вспышки некоторых амортизаторных жидкостей (масел) в открытом тигле

Показатель	Марка амортизаторной жидкости (масла)				
	АЖ-12Т	<i>MOTUL Shock Oil Factory Line VI 400</i>	МГП-12	ГРЖ-12	АМГ-10
Температура вспышки, °С: не ниже	165	154	140	140	92

Для осуществления (промышленной реализации) предлагаемой технологии (способа изготовления гидравлического амортизатора) нет необходимости в разработке каких-либо новых устройств, поскольку предварительный нагрев

заправочного масла до заданной температуры относится к тривиальным легко решаемым техническим задачам. И это особенно ценно.

В качестве иллюстрации для описания способа можно использовать характерную

схему вышеупомянутого двухтрубного телескопического гидроамортизатора [1].

На рисунке показана такая схема, где позициями обозначены:

1 – цилиндрический корпус (резервуар для заправленного в него масла в качестве рабочей жидкости); 2 – рабочий цилиндр; 3 – встроенный в рабочий цилиндр клапан прямого хода (сжатия); 4 – поршень внутри цилиндра; 5 – встроенный в поршень клапан обратного хода (отбоя), 6 – шток; 7 – рабочая жидкость (машинное масло).

В развернутом виде предлагаемая технология (способ) изготовления гидравлического амортизатора заключается в следующем.

Амортизатор

- подготавливают (изготавливают детали, узлы 1-6 и производят их сборку, оставив возможность заправки маслом 7);

- масло 7, отдельно от собранной конструкции 1-6, при начальной температуре T_0 (как правило, при «естественной» температуре окружающей среды) и в объеме не менее заданного заправочного, разогревают любым рациональным в конкретном производстве способом до температуры T выше максимальной рабочей $T_{p\ max}$, но ниже температуры вспышки в открытом тигле.

В частности до: $T = (70 - 80)^\circ\text{C}$ для амортизаторной жидкости (масла) АМГ-10 (ГОСТ 6794-75); $T = (100 - 130)^\circ\text{C}$ для амортизаторных жидкостей (масел) МГП-12 (ТУ 38.301-29-40-97, славол-АЖ) и ГРЖ-12 (ТУ 0253-048-0567-924-96); $T = (130 - 145)^\circ\text{C}$ для амортизаторной жидкости (масла) *MOTUL Shock Oil Factory Line Vi 400*; $T = (130 - 150)^\circ\text{C}$ для амортизаторной жидкости (масла) АЖ-12Т (ГОСТ 23008-78), причем с возможностью удаления выделяемых ей (им) газов (составляющих воздуха и др.), то есть с возможностью дегазации;

- амортизатор незамедлительно заправляют нагретым и дегазированным таким образом маслом 7, заливая его в качестве рабочей жидкости в еще не загерметизированный резервуар – полость корпуса 1;

- до остывания масла ниже $T_{p\ max}$, осуществляют герметизацию амортизатора (герметично закрыв, по меньшей мере, заправочное отверстие»).

Указанные операции являются упомянутыми мерами по снижению газовой выделенности из масла в процессе работы амортизатора на эксплуатационном этапе его жизненного цикла.

В свою очередь, хотя бы частично дегазированное масло 8 в герметичном амортизаторе, то есть в условиях отсутствия источника восстановления первичного его газосодержания при естественном остывании, в процессе дросселирования через клапаны 3 и 5 и засасывания в область разрежения под поршнем при отбое, в существенно меньшей степени образует газомасляную смесь.

Соответственно, в меньшей степени уменьшается плотность масла 7, возрастает объем текучей среды и ее неоднородность, изменяется неблагоприятным образом, в итоге, заданная характеристика амортизатора.

В случае разгерметизации амортизатора (нештатная ситуация) разогретое масло 7 в процессе работы амортизатора поглотит газы в составе прорвавшегося внутрь воздуха из окружающей амортизатор среды сообразно рабочей температуре, превратившись, по сути, в «обычный» (базовый) амортизатор – без обоих способов (прототипа и заявляемого).

Эффективность, опытная проверка и оценка технического уровня инновационной научно-технической разработки

Техническим результатом реализации предлагаемой инновации является повышение эффективности и ремонтпригодности амортизатора.

Эффективность предлагаемого способа (и, по-существу, реализуемого с его помощью устройства – гидроамортизатора автомобильного типа) косвенно проверена авторами, с положительным результатом, в упомянутом в преамбуле эксперименте. Поскольку нагрев масла с 20 до 100 °C удаляет из него порядка (10 – 20)% газа, эффективность амортизатора по предварительным оценкам должна повыситься ориентировочно не менее чем на 30-45 %.

Разработка как объект интеллектуальной собственности выполнена на уровне изобретения (что подтверждает мировой уровень новизны, изобретательский уровень и промышленную применимость) и запатентована авторами в 2014-2016 гг. [6]

Заключение

На основании вышеизложенного можно констатировать, что предлагаемое инновационное техническое (технологическое) решение обозначенной в начале статьи (см. п.1) актуальной задачи в области транспортного машиностроения, может быть рекомендовано к внедрению в

отрасли как новое, эффективное и экономически оправданное. Такое внедрение возможно уже сегодня и не требует организации специального производства и капитальных затрат.

Библиографический список

1. Автомобильные амортизаторы. – Режим доступа: <http://autoustroistvo.ru/hodovaya-chast/amortizator/> (дата обращения – 15.02.2016).
2. Бектемиров, А.С. Исследование параметров растворимости газа в маслах / А.С. Бектемиров, О.Л. Маломыжев, В.В. Скutelник // Вестник ИрГТУ. – 2010. – №5 (45). – С 125-128.
3. Газомасляные и гидравлические амортизаторы. – Режим доступа: <http://inomarka54.ru/avtoshpargalca/licbez-poustroystvu-avtomobilya/gazomaslyanye-i-gidravlicheskie-amortizatory>. (дата обращения – 15.02.2016).
4. Пат. 2500547 С2 (Российская Федерация). В60G 17/00. Способ и устройство для восстановления газомасляного амортизаторов / В.Г. Наумкин. - № 2011154281/11; заявлено 28.12.2011; опубл. 10.12.2013. – Бюл. № 19.
5. Приходько, В.И. Амортизаторные жидкости. – Режим доступа: http://www.auto-uch.info/am_gid.html (Дата обращения 15.02.2016).
6. Пат. 2577443 (Российская Федерация). МПК F16F 5/00, F16F 9/00. Способ изготовления гидравлического амортизатора / О.Л. Маломыжев, А.Г. Семенов. - № 2014146763/11; заявлено 20.11.2014; опубл. 20.03.2016. – Бюл. № 8.

DEGASSING THE WORKING FLUID OF THE HYDRAULIC SHOCK ABSORBER

O.L. Malomyzhev, A.G. Semenov, V.V. Skutelnik

Abstract. The analysis of the reasons causing reduction of effectiveness of the hydraulic suspension shock absorbers of the car which developed the new technology of their production. The Way of the fabrication of the hydraulic shock absorber is concluded in leading-in the shock absorber mask as worker to liquids with preliminary, before his(its) capsulation, measure on reduction of the separation of the gas from butter in process of the functioning(working) the shock absorber. Directly before leading-in from butter delete the gas, heating him(it) before the temperature above maximum worker and below the temperature of the flash, in particular before: T = (70-80) C° for liquid (the butters) AMG-10 (the GUEST 6794-75); T = (100-130) C° for liquids MGP-12 (THAT 38.301-29-40-97, slavol-AZH) and GRZH-12 (THAT 0253-048-0567-924-96); T = (130-145) C° for liquid (the butters) MOTUL Shock Oil Factory Line VI 400; T = (130-150) C° for liquid (the butters) AZH-12T (the GUEST 23008-78). Encapsulating the shock absorber realize before reduction of the temperature of the butter in him, at least once, before maximum worker. The Technical

result to realization of the offer – increasing to efficiency and maintainability of the shock absorber.

Keywords: overland transport, sought-after part, lavalier, smoothness of the move, hydraulic shock absorber, separation of the gas, removing the gas from butter.

References

1. *Avtomobilnye amortizatory* [Automobile shock-absorbers]. Available at <http://autoustroistvo.ru/hodovaya-chast/amortizator/>
2. Bektemirov A.S., Malomyzhev O.L., Skutelnik V.V. Issledovanie parametrov rastvorimosti gaza v maslakh [Research of parameters of solubility of gas in oils]. *Vestnik IrGTU*, 2010, no 5 (45). Pp. 125-128.
3. *Gazomaslyanye i gidravlicheskie amortizatory* [Gas-oil and hydraulic shock-absorbers]. Available at: <http://inomarka54.ru/avtoshpargalca/licbez-poustroystvu-avtomobilya/gazomaslyanye-i-gidravlicheskie-amortizatory>.
4. Naumkin V.G. Sposob i ustroystvo dlya vosstanovleniya gazomaslyanogo amortizatorov [Way and the device for restoration gas-oil shock-absorbers]. Pat. RF, no 2011154281/11.
5. Prikhodko V.I. Amortizatornye zhidkosti [Damping liquids]. Available at: http://www.auto-uch.info/am_gid.html
6. Malomyzhev O.L., Semenov A.G. *Sposob izgotovleniya gidravli-cheskogo amortizatora* [Way of production of the hydraulic shock-absorber]. Pat. RF, no 2014146763/11.

Маломыжев Олег Львович (Россия, г. Иркутск) – кандидат технических наук, доцент., доцент кафедры «Автомобильный транспорт» Иркутского национального исследовательского технического университета (ИРНИТУ) (664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83, e-mail: olm@bk.ru).

Семенов Александр Георгиевич (Россия, г. Санкт-Петербург) – кандидат технических наук, ст.н.с., доцент и ведущий научный сотрудник кафедры «Инжиниринг силовых установок и транспортных средств» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) (195251 Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, e-mail: agentnumer007@rambler.ru).

Скutelник Виталий Викторович (Россия, г. Иркутск) – кандидат технических наук, доцент., доцент кафедры «Менеджмент и логистика на транспорте» Иркутского национального исследовательского технического университета (ИРНИТУ) E-mail: scutvv@gmail.com.

Malomyzhev Oleg L'vovich – (Russian Federation, Irkutsk) – candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department «Car transport» of the Institute Airmechanical and Transport Irkutsk national research technical university (IRNRTU), (664074, Irkutsk, Lermontov St. 83 e-mail: olm@bk.ru).

Semenov Alexandr Georgievich. (Russian Federation, Saint-Petersburg) – candidate of technical sciences, senior researcher, associate Professor of "Engineering of power plants and vehicles," Institute of Energy and Transport systems of Saint-Petersburg Polytechnic University Peter the Great (Spbpu), (195251 Sankt-Peterbur, of Politekhnikeskaya St., 29, e-mail: agentnumer007@rambler.ru; agentnumer007@yandex.ru).

Skutelinik Vitaly Viktorovich. (Russian Federation, Irkutsk) – candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department «Management and logistics on transport» of the Institute Airmechanical and Transport Irkutsk national research technical university (IRNRTU) (664074, Irkutsk, Lermontov St. 83e-mail: scutvv@gmail.com).

УДК 656.065.36

СООТВЕТСТВИЕ МЕТОДИКИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ РЕАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Н.Г. Певнев, А.В. Залознов
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены особенности конструкции и условий эффективной работы трехкомпонентных нейтрализаторов отработавших газов (ОГ), установленных на автомобилях с бензиновыми двигателями внутреннего сгорания. Показаны возможности работы нейтрализаторов при холодном пуске и прогреве двигателя, выявлен оптимальный режим работы нейтрализатора, при котором он эффективно выполняет свои функции. Проанализирована и описана методика государственных испытаний нейтрализаторов ОГ. Описаны и проанализированы реальные условия зимней эксплуатации автомобилей с бензиновыми двигателями внутреннего сгорания и трехкомпонентными нейтрализаторами ОГ, выявлены отрицательные моменты эксплуатации автомобилей с нейтрализаторами в зимних условиях. Выявлено несоответствие технического регламента реальными условиям эксплуатации автомобилей с нейтрализаторами ОГ применительно к регионам с холодным климатом и к городу Омску, в частности.

Ключевые слова: трехкомпонентный нейтрализатор, методика государственных испытаний, условия эксплуатации автомобилей, температурный режим нейтрализатора, эффективность нейтрализации.

Введение

Автотранспорт является неотъемлемой частью жизнедеятельности человека. Однако непрекращающийся рост автомобильного парка ведет к глобальному загрязнению окружающей среды вредными выбросами автомобильных двигателей.

Снижение вредных выбросов с отработавшими газами двигателей автотранспортных средств является одной из наиболее значимых задач для разработчиков автотранспортных средств. Производители автотранспортной техники обращают особое внимание на разработку систем и устройств, снижающих выброс вредных веществ с отработавшими газами двигателя. Наиболее эффективной и распространенной системой для автомобилей с бензиновым двигателем является бифункциональная система нейтрализации вредных веществ отработавших газов, основным элементом

которой является трехкомпонентный каталитический нейтрализатор.

Описание конструкции и условий работы нейтрализаторов

Каталитическое дожигание компонентов отработавших газов происходит в специальном приборе – каталитическом нейтрализаторе (рис. 1). Нейтрализатор монтируется в системе выпуска отработавших газов автомобиля.

Эффективность действия каталитического нейтрализатора зависит от температуры катализатора, продолжительности контакта токсичных компонентов с поверхностью катализатора, а также от концентрации токсичных компонентов в отработавших газах.

$$\text{Эффективность нейтрализации} = \frac{m_{\text{вход}} - m_{\text{выход}}}{m_{\text{вход}}} \quad (1)$$

где $m_{\text{вход}}$ – масса загрязняющих веществ, входящих в нейтрализатор; $m_{\text{выход}}$ – масса загрязняющих веществ, выходящих из нейтрализатора.

Каталитические нейтрализаторы представляют собой активный каталитический слой, нанесенный на инертное тело-носитель. Каталитический нейтрализатор состоит из металлического корпуса, изготовленного из жаропрочной стали толщиной порядка 1,5 мм, в котором

находится носитель в виде керамического монолита или металлической фольги, покрытый активным каталитическим слоем (рис. 2).

Монолитные носители представляют собой спеченный блок из тугоплавких окислов, пронизанный большим количеством сквозных каналов с катализатором на поверхности. В настоящее время наиболее часто применяются носители из термостойкой керамики (кордиеритовые блоки).

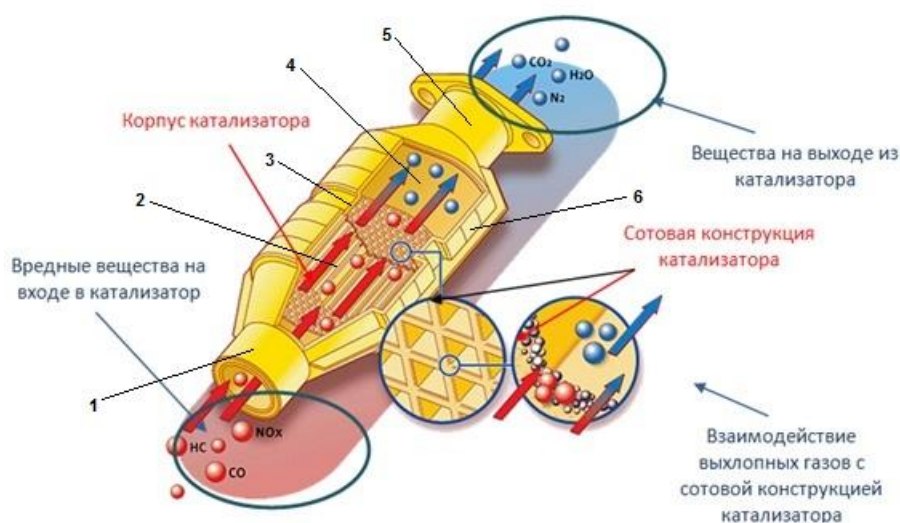


Рис. 1. Общий вид и основные элементы каталитического нейтрализатора
1 – входной патрубок; 2 – восстановительная ступень; 3 – уплотнение;
4 – окислительная ступень; 5 – выходной патрубок; 6 – корпус

В качестве носителей начинают широко использоваться жаропрочные аустенитные стали в виде свернутой в рулон гофрированной фольги толщиной 0,04-0,05 мм. Сначала металлические носители использовались лишь в предварительных (стартовых) нейтрализаторах, однако теперь они применяются и в основных нейтрализаторах. Основу металлического блока составляет Fe, Cr, Al-содержащая фольга (фехраль). Ее приблизительный состав: Fe – 78 %, Cr – 15 %, Al – 7 %. Кроме фехрали могут использоваться и другие сплавы. Гофрированная фольга обеспечивает быстрый прогрев катализатора до рабочих температур, высокую прочность, стойкость к высоким (до 1300 °С) температурам и переменным тепловым нагрузкам, малое гидравлическое сопротивление. Ее недостатком является относительно высокая стоимость. [1].

В окислительно-восстановительных каталитических нейтрализаторах одновременно происходят реакции окисления

и восстановления. Действие основано на беспламенном поверхностном окислении токсичных веществ в присутствии катализатора, ускоряющего химическую реакцию окисления CO, C_xH_y, C до CO₂ и восстановления NO_x до N₂ в присутствии кислорода. Реакции окисления происходят за счет остаточного кислорода в обедненных смесях или подачи в систему дополнительного воздуха [2].

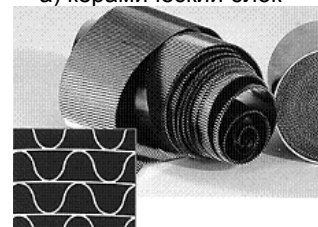
Наиболее универсальным и эффективным катализатором является платина. В связи с высокой стоимостью этого металла в качестве катализаторов используются другие металлы и соединения.

Катализаторы должны обеспечивать кроме большой эффективности, высокую механическую прочность и устойчивость к вибрации, стабильность в эксплуатации при изменении рабочих температур от 150 до 800 °С, а также в условиях различного состава ОГ.

Нейтрализаторы наиболее эффективно работают с λ-зондами, однако и без них



а) керамический блок



б) металлическая лента, сворачиваемая в блок

Рис. 2. Виды блоков автомобильных нейтрализаторов

способны снизить выбросы вредных веществ на 50 %. λ -зонд (датчик кислорода) – это устройство, позволяющий определить в отработавших газах количество свободного кислорода. Активными элементами λ -датчика служат анионный твердый электролит, стабилизированный ZrO_2 , и электроды из пористой платины. [3, 4]

Трехкомпонентные нейтрализаторы (селективные каталитические нейтрализаторы) с λ -зондом на сегодняшний день являются наиболее распространенной и эффективной системой очистки отработавших газов. Устанавливаемые на современных ДВС трехкомпонентные каталитические нейтрализаторы всегда имеют кислородный датчик на входе, необходимый для поддержания состава смеси, близкого к стехиометрическому. Современные нормы токсичности, начиная с EURO 4, требуют установки в ДВС второго кислородного датчика на выходе из

нейтрализатора, анализирующего состав ОГ, повышающего точность регулирования состава смеси, а также позволяющего определить ухудшение работы нейтрализатора и предупредить об этом водителя. [1, 4]

Системы с обратной связью (λ – регулирование) обеспечивают нейтрализацию до 96% вредных веществ в отработавших газах. [4, 5] Кислородный датчик (λ - зонд) данной системы используется для расчета соотношения воздуха и топлива в горючей смеси. По полученным данным электронный микропроцессор определяет коэффициент избытка воздуха α и совместно с λ -датчиком поддерживает состав смеси $\alpha \approx 1$ с точностью $\pm 1\%$. Для обеспечения соответствующей очистки ОГ нейтрализатором двигатель должен работать в узком диапазоне значений, называемом «окном» каталитического нейтрализатора (рис. 3). [3, 4].

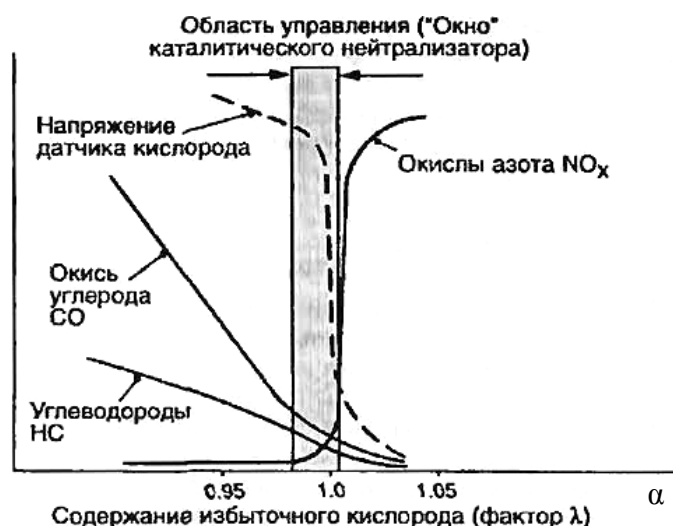


Рис. 3. Зависимости содержания CO , CH и NO_x в отработавших газах от коэффициента избытка воздуха

На данный момент уровень конструирования двигателей внутреннего сгорания заметно повысился за годы их развития, как по показателям потребления топлива, так и по экологической чистоте. Это связано с целым рядом внедренных разработок, включая электронно-управляемую систему впрыска топлива «common rail», улучшенные смазывающие материалы, более развитые комплексные программы управления работой двигателя и использованием каталитических нейтрализаторов отработавших газов. Однако, проблема холодного запуска и

последующего прогрева двигателя остается по-прежнему актуальной.

В момент прогрева двигателя и до выхода его на нормальный тепловой режим электронный блок управления не переводит систему питания на дозирование стехиометрического состава смеси в заданном для нейтрализатора диапазоне «окна бифункциональности». В этот период нейтрализатор или не работает или работает с не полной эффективностью. Следует учитывать, что нейтрализатор начинает обезвреживать 50% вредных выбросов, снижая концентрации CO и CH в отработавших газах, при его прогреве как

минимум до 220–250 °С. Эта температура определяет эффективность его работы в процессе всего ездового цикла испытаний (Правила 83 ЕЭК ООН).

Поскольку каталитический нейтрализатор начинает эффективно работать при достаточно высоких температурах (около 400 °С и более), очень большое внимание уделяется ускорению его прогрева. Нейтрализатор стремятся расположить как можно ближе к выпускному коллектору.

Гумус М. в своем исследовании измерил содержание СО и СН в отработавших газах 1,6 л бензинового ДВС FORD MVN 416 ZETEC до и после каталитического нейтрализатора при температуре окружающего воздуха 2 °С и давлении 1 атм. При анализе полученных данных видно, что нагрев катализатора для начала его работы с 50% эффективностью для нейтрализации СО требует около 150 с, а для нейтрализации СН – около 400 с. [6].

Государственное регулирование

В Российской Федерации в последнее время уделяется большое внимание экологическим последствиям деятельности автотранспорта.

Анализ тенденций развития автомобильного парка России и его воздействия на окружающую природную среду показывает, что политика, ориентированная на экологическую безопасность транспортных средств, должна базироваться на жестких экологических нормативах, соответствующих действующим международным требованиям с учетом климатических особенностей территорий страны и на эффективной системе контроля над их соблюдением.

Начиная с 01.09.2005 г. определен полный переход на выпуск в обращение автотехники, соответствующей нормативным требованиям ЕВРО-2, а с 01.01.2008 г. определен переход на ЕВРО-3, требования

которых возможно выполнить с использованием трехкомпонентных нейтрализаторов.

Решением Комиссии Таможенного союза № 877 от 9 декабря 2011 года принят технический регламент «О безопасности колесных транспортных средств». Данным документом, начиная с 01.01.2015 г. определен полный переход на выпуск в обращение автотехники, соответствующей нормативным требованиям ЕВРО-4, а с 01.01.2016 г. предусмотрено последующее совершенствование конструкции выпускаемых автомобилей и в том числе устанавливаемых на них нейтрализаторов с целью достижения нормативных экологических требований ЕВРО-5.

Указанные нормативные требования могут включать ограничение или запрет выпуска в обращение, либо принудительный отзыв с рынка продукции, не соответствующей требованиям настоящего технического регламента. Примером принудительных мер может служить ситуация, возникшая в середине 2015 года с автомобилями, произведенными концерном Фольксваген.

Автомобили, оснащенные двигателями внутреннего сгорания с принудительным зажиганием, проверяются по Правилам ЕЭК ООН № 83-06, в соответствии с которыми проводятся испытание типа VI (контроль среднего уровня выбросов монооксида углерода и углеводородов в выбросах отработавших газов после запуска холодного двигателя при низкой температуре окружающей среды).

Испытательный рабочий цикл, состоит из первой части (городской цикл) и второй части (загородный цикл), показан на рисунке 4. В ходе полного испытания за четырежды повторяемым простым городским циклом следует вторая часть.



Рис. 4. Новый европейский ездовой цикл

Отбор проб отработавших газов производят в процессе испытания в рамках цикла первой части (городской ездовой цикл). Первый ездовой цикл начинается с 11-секундного периода работы двигателя на холостом ходу после его запуска. Полная процедура испытания при низкой температуре окружающей среды, которая длится в общей сложности 780 с, включает запуск двигателя, немедленный отбор проб, работу транспортного средства в рамках цикла первой части и отключение двигателя. Отработавшие газы, отбор которых производится в соответствующую камеру, анализируют на предмет содержания в них углеводородов, монооксида углерода и диоксида углерода.

Значения температуры внешней среды при испытании транспортного средства должны составлять в среднем 266 К (-7° С) ± 3 К. Температура не должна быть ниже 263 К (-10 °С) или выше 269 К (-4° С) в течение более трех минут подряд [7].

Условия эксплуатации

Воздействие автотранспорта на окружающую среду определяется разными факторами. К основным из них стоит отнести техническое состояние парка транспортных средств, качество используемого топлива, условия эксплуатации.

Изготовители легковых автомобилей в инструкциях выделяют так называемые тяжелые условия эксплуатации, к которым могут быть отнесены: эксплуатация в горной местности, влажном климате; на грунтовых дорогах в условиях запыленности; при низких температурах окружающего воздуха; продолжительные периоды работы двигателя на оборотах холостого хода или малой скорости движения; работа преимущественно «на коротких» плечах – менее 8 км [8].

Условия эксплуатации на большей территории Российской Федерации можно отнести к тяжелым. В России для климата характерно отчетливое разделение года на холодный и теплый сезоны. По направлению на север и на восток понижается зимняя температура и увеличивается продолжительность зимы.

Значительная часть населения и, соответственно, автотранспорта сконцентрирована в крупных городах. В таблице 1 приведены статистические данные о численности городского населения, средней продолжительности зимы и о средней температуре зимой в федеральных округах России с продолжительным зимним периодом [9].

Таблица 1 – Статистические данные о федеральных округах РФ

Федеральный округ	Численность городского населения, млн. чел.	Средняя продолжительность зимы, кол-во дней	Средняя температура зимой, °С
Центральный:	31	133	- 8,4
Северо-Западный:	11	158	- 9,6
Приволжский:	12	147	- 11,2
Уральский:	9	160	- 15,7
Сибирский:	11	164	- 13,8
Дальневосточный:	2	162	- 16,3

За 10 последних лет численность легковых автомобилей в Омской области возросла на 80%, в частности, в городе Омске на 31 декабря 2015 года их количество составило 319 тыс. [10] Существующая дорожная сеть города Омска не рассчитана на такой интенсивный транспортный поток, в связи с чем в последнее десятилетие резко ухудшилась экологическая ситуация по уровню загрязнения атмосферного воздуха выхлопными газами, 58 % загрязнения атмосферного воздуха в городе приходится на автотранспорт [11].

Андрэ провел обширную работу и исследовал привычки водителей и тенденции использования автомобилей в реальных

условиях. Он выявил, что большинство поездок, выполняемых водителями, являются короткими как по времени, так и по расстоянию. В его работе были исследованы 55 автомобилей, которые суммарно наработали 1840 часов. И, приблизительно, при одной трети всех поездок температура охлаждающей жидкости двигателя не достигла 70 °С, а температура масла не превысила 60 °С [12].

Средняя длина поездки индивидуальных легковых автомобилей обычно составляет в городских условиях 9-15 км [8].

Современные автомобили обладают достаточно высокими показателями топливной экономичности и низким уровнем

выбросов вредных веществ в атмосферу. Однако в полной мере эти качества проявляются только при равномерном движении, пусть и в относительно широком диапазоне скоростей и нагрузок. Условия для длительного движения с постоянной скоростью имеются, пожалуй, только на загородных дорогах или на автомагистралях.

При движении в городе, которое характеризуется постоянным чередованием фаз разгона, замедления, непродолжительностью равномерного движения, и стоянки с работающим на холостом ходу двигателем (на светофоре или в заторах), движение с невысокими скоростями – экономические и экологические показатели существенно ухудшаются.

В реальных условиях при низкой температуре окружающего воздуха указанные факторы взаимодействуют и существенно увеличивают расход топлива автомобилей. В связи с этим эксплуатационные нормы расхода топлива в зимнее время для Европейской части России увеличиваются на 5-20% [8], а для условий Сибири, в частности г. Омска имеющего плохую дорожную сеть, расход топлива увеличивается до 30-40%.

Эксплуатация автомобильного двигателя в городских условиях, особенно в зимнее время, определяется значительной долей режимов холодного пуска и работы в непрогретом состоянии. Отдельно стоит отметить, что зачастую владельцы устанавливают на свои автомобили системы автоматического запуска двигателя. Это приводит к принудительной его работе на холостом ходу, с минимальной нагрузкой. На всех этих режимах двигатель работает на переобогащенных составах смеси. Такое переобогащение состава смеси приводит к повышенному выбросу вредных нормируемых компонентов отработавших газов – оксида углерода (CO), углеводородов (CH) и увеличивает расход топлива двигателем вследствие неполноты его сгорания.

Негативное влияние на образование токсичных веществ в бензиновых двигателях оказывают режимы работы на малых нагрузках и холостом ходу (то есть на режимах, характерных для городского движения автомобиля) вследствие особенностей протекания рабочего цикла. Вредные выбросы многократно увеличиваются особенно при работе в условиях низких температур окружающей среды. Таким образом, наиболее остро негативные последствия автотранспортной

деятельности проявляются в крупных городах, для которых характерно интенсивное движение транспорта, особенно в часы пик (утро, вечер). В результате загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом вредному воздействию подвергается здоровье горожан.

Заключение

1. Особенность конструкции трехкомпонентных нейтрализаторов ОГ состоит в том, что он эффективно выполняет свои функции при прогреве его как минимум до 220–250 °С.

2. Значения температуры внешней среды по методике государственных испытаний нейтрализаторов ОГ должны составлять в среднем 266 К (-7 °С)±3 К, что значительно отличается от реальных условий эксплуатации на большей части территории РФ.

3. Анализ реальных условий эксплуатации в зимний период в городских условиях показывает, что значительная часть автомобилей работает на коротких пробегах с непрогретыми двигателями, что приводит к повышенному расходу топлива и нарушению экологических норм.

4. Необходимо проведение исследований и поиск новых технических решений о возможности проведения регулировочных работ по системе питания и электронному блоку управлению ДВС для приведения показателей работы двигателя в соответствие с реальными условиями эксплуатации.

Библиографический список

1. Сергеев, Н.В. Силовые агрегаты. Конспект лекций : учеб. пособие / Зерноград : Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2015. – 186 с.
2. Надарейшвили, Г.Г. Тепловой баланс окислительно-восстановительного нейтрализатора. // Научноград наука производство общество. – 2015. – № 2. – С. 17-19.
3. Папкин, Б.А. Разработка и исследование каталитических нейтрализаторов бензиновых двигателей для автомобилей массой до 3,5 т, обеспечивающих выполнение экологических требований : дис. ... канд. техн. наук: – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2010. – 190 с.
4. Автомобильный справочник BOSCH: пер. с англ. ООО «СтарСПб». – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: За рулем, 2012. – 1280 с.
5. Козликин, В.И. Повышение экологичности автомобильного транспорта / В.И. Козликин, И.А. Ловцов // Будущее науки: Материалы 3-й Международной молодежной научной конференции: сборн.: в 2 ч. Ч.1. – Курск, 2015. – С. 264-268.

6. Gumus, M. Reducing cold-start emission from internal combustion engines by means of thermal energy storage system // *Appl Therm Eng.* – 2009. – 29(4):652–60.

7. Технический регламент Таможенного союза 018/2011. О безопасности колесных транспортных средств: федер. закон. – М., 2011. – 465 с.

8. Агеев, Е.В. Особые условия технической эксплуатации и экологическая безопасность автомобилей : учеб. пособие / А.В. Щербаков, С.В. Пикалов. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2015. – 212 с.

9. Климат России // Википедия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D1%82_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8 – (дата обращения – 10.10.2015.)

10. На каждую машину в Омске приходится 10 метров дороги // Омскрегион. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://omskregion.info/news/39563-na_kajduyu_mashinu_v_omske_prixoditsya_10_metrov_d/ – (дата обращения – 03.04.2016.)

11. Омск // Википедия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Омск#.D0.9A.D0.BB.D0.B8.D0.BC.D0.B0.D1.82> (дата обращения – 03.04.2016.)

12. Andre, M. In actual use car testing: 70,000 kilometers and 10,000 trips by 55 French cars under real conditions // *SAE technical paper 910039.* – 1991.

CONFORMITY OF STATE TESTS OF A THREE-WAY CATALYTIC CONVERTERS EXHAUST GASES WITH REAL CONDITIONS

N.G. Pevnev, A.V. Zaloznov

Abstract. In this article reviewed design features and conditions for effective operation of the three-way catalytic converters of exhaust gases, installed on automobile with gasoline internal combustion engines. Shown work opportunities of the converters in cold start and warm-up conditions of the engine. Revealed the optimal work mode of the converter, whereby it effectively comply its functions. Analyzed and described the methodology of state testing converters of exhaust gases. In the article described winter conditions operation of automobiles with spark ignition engines and three-way catalytic converters of the exhaust gases. Analyzed the real work conditions of the automobiles with converters, revealed negative points of winter operation of the vehicles with converters. Shown the discrepancy of the technical regulations to the real conditions of operation of the automobiles with converters with regard to the region with a cold climate and to the Omsk city in particular.

Keywords: three-way catalytic converter, state tests procedure, operation modes of the automobiles, temperature converter mode, neutralization efficiency.

References

1. Sergeev N.V. *Silovye agregaty. Konspekt lekciy* [The power units. Lecture notes]. Zernograd, Azovo-Chernomorskij inzhenernyj institut FGBOU VPO DGAU, 2015. 186 p.

2. Nadarejshvili G.G. Teplovoj balans okislitel'no-vosstanovitel'nogo nejtralizatora [Heat balance of redox catalyst]. *Naukograd nauka proizvodstvo obshhestvo*, 2015, no 2, pp. 17-19.

3. Papkin B.A. *Razrabotka i issledovanie kataliticheskikh nejtralizatorov benzinovykh dvigatelej dlja avtomobilej massoj do 3,5 t, obespechivajushhih vypolnenie jekologicheskikh trebovanij* [The development and study of catalytic converters of gasoline engines for vehicles weighing up to 3.5 tonnes, ensuring the fulfillment of environmental requirements]. Moscow, 2010. 190 p.

4. *Avtomobil'nyj spravocnik BOSCH* [Automotive directory BOSCH]. Moscow, «Knizhnoe izdatel'stvo «Za rulem» Ltd, 2012. 1280 p.

5. Kozlikin V.I., Lovcov I.A. Povyshenie jekologichnosti avtomobil'nogo transporta [Improving environmental performance of road transport]. *BUDUSHHEE NAUKI: Materialy 3-j Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii* [The FUTURE of SCIENCE: proceedings of the 3rd International youth scientific conference], 2015, no 1, pp. 264-268.

6. Gumus M. Reducing cold-start emission from internal combustion engines by means of thermal energy storage system. *Appl Therm Eng* 2009;29(4):652–60.

7. *Tehnicheskij reglament Tamozhennogo sojuza 018/2011. O bezopasnosti kolesnykh transportnyh sredstv* [Technical regulations of the Customs Union 018/2011. On safety of wheeled vehicles]. Moscow, 2011. 465 p.

8. Ageev E.V., Shherbakov A.V., Pikalov S.V. *Osobyje uslovija tehnicheckoj jekspluatcii i jekologicheskaja bezopasnost' avtomobilej* [Special conditions of technical operation and environmental safety of vehicles]. Kursk, Jugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet, 2015. 212 p.

9. *Klimat Rossii* [The Climate Of Russia]. Wikipedia. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D1%82_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8 Date of access 10.10.15.

10. *Na kazhduju mashinu v Omske prihoditsja 10 metrov dorogi* [On each machine in Omsk there are 10 meters of the road]. Omskregion. Available at: http://omskregion.info/news/39563-na_kajduyu_mashinu_v_omske_prixoditsya_10_metrov_d/ Date of access 03.04.16.

11. Омск. Wikipedia. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Омск#.D0.9A.D0.BB.D0.B8.D0.BC.D0.B0.D1.82>

12. Andre M. In actual use car testing: 70,000 kilometers and 10,000 trips by 55 French cars under real conditions. *SAE technical paper 910039*; 1991.

Певнев Николай Гаврилович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей», ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: pevnev_ng@sibadi.org).

Залознов Алексей Васильевич Россия, г. Омск) – аспирант кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей», ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: avz@sotmotors.ru).

Pevnev Nicolay Gavrilovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor. Department «Maintenance and repair of vehicles», The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira, 5, e-mail: pevnev_ng@sibadi.org).

Zaloznov Alexei Vasil'evich (Russian Federation, Omsk) – postgraduate student. Department «Maintenance and repair of vehicles», The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira, 5, e-mail: avz@sotmotors.ru).

УДК 62-543.4

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ С РАЗЛИЧНЫМИ УРОВНЯМИ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ

П.А. Сенькин

Омский автобронетанковый инженерный институт, Россия, г. Омск.

Аннотация. Рассматриваются вопросы сравнительного математического моделирования динамических и топливно-экономических показателей гусеничной машины при оборудовании ее силовой установкой с различными уровнями номинальной мощности и условиями протекания внешней скоростной характеристики. Полученные результаты показывают целесообразность перевода двигателя на дополнительный – «пониженный» уровень номинальной мощности по показателю более полного использования энергетических возможностей силовой установки. Что в свою очередь обеспечит улучшение топливной экономичности и условий работы водителя, связанного со снижением количества переключений передач.

Ключевые слова: гусеничная машина, мощность, загрузка, силовая установка, моделирование.

Введение

Начиная с 1960-х годов, энергонасыщенность сельскохозяйственной и другой техники, определяемая соотношением эксплуатационной мощности двигателя и массы объекта, непрерывно повышалась. Тенденция роста единичной мощности гусеничных машин и увеличение рабочих скоростей движения сохраняется как в нашей стране, так и за рубежом.

Однако установлено, что с ростом энергонасыщенности машин степень использования их энергетических возможностей, обусловленная снижением загрузки силовой установки (СУ), уменьшается.

Низкая загрузка СУ машины, прежде всего, является следствием ограничения скорости движения машин, как правило, вызванного интенсивным изменением дорожно-грунтовых условий (ДГУ), в которых применяется объект, его техническим состоянием, квалификацией водителя, а так же выполняемой задачи-операции. Результаты исследований, показывают, что движение гусеничных машин с относительно полным использованием

энергетических возможностей СУ в ходе их эксплуатации не превышает 30% общего времени движения [1].

Снижение эффективности работы СУ в условиях эксплуатации обусловлено тем обстоятельством, что эффективные показатели наиболее высокими оказываются при работе на относительно больших, причем постоянных нагрузках. С уменьшением нагрузки на двигатель, а так же при переходе на неустановившиеся режимы они заметно ухудшаются.

Очевидно, что решение выявленной проблемы могло бы заключаться в регулировании уровня номинальной мощности СУ машины в зависимости от выполняемой задачи-операции (при выполнении более энергоемких операций применять повышенный уровень «штатный» менее энергоемкие «пониженный»). Результатом данного «гибкого» регулирования явилась бы более полное использование энергетических возможностей машины. Однако, снижение уровня мощности приведет к пропорциональному снижению крутящего момента, что при движении

машины в сложных ДГУ снизит возможности двигателя по преодолению перегрузок. Увеличение коэффициента приспособляемости K_M до уровня реализации двигателем характеристики постоянной мощности (ХПМ) приводит к стабилизации режима работы двигателя и росту его загрузки. Указанное обеспечивает определенную компенсацию ухудшения производительности и эффективности объекта в целом при снижении мощности СУ.

Программа для моделирования динамических показателей гусеничной машины с двигателем постоянной мощности

Для исследования динамических показателей машины с различными уровнями форсирования СУ разработана математическая модель. Математическая модель представляет собой систему дифференциальных и алгебраических уравнений. Для удобства исследования системы уравнений и проведения компьютерных экспериментов разработана компьютерная программа «Программа для моделирования динамических показателей гусеничной машины с двигателем постоянной мощности» на языке Object Pascal в интегрированной среде программирования Borland Delphi 7.0, рисунок 1.

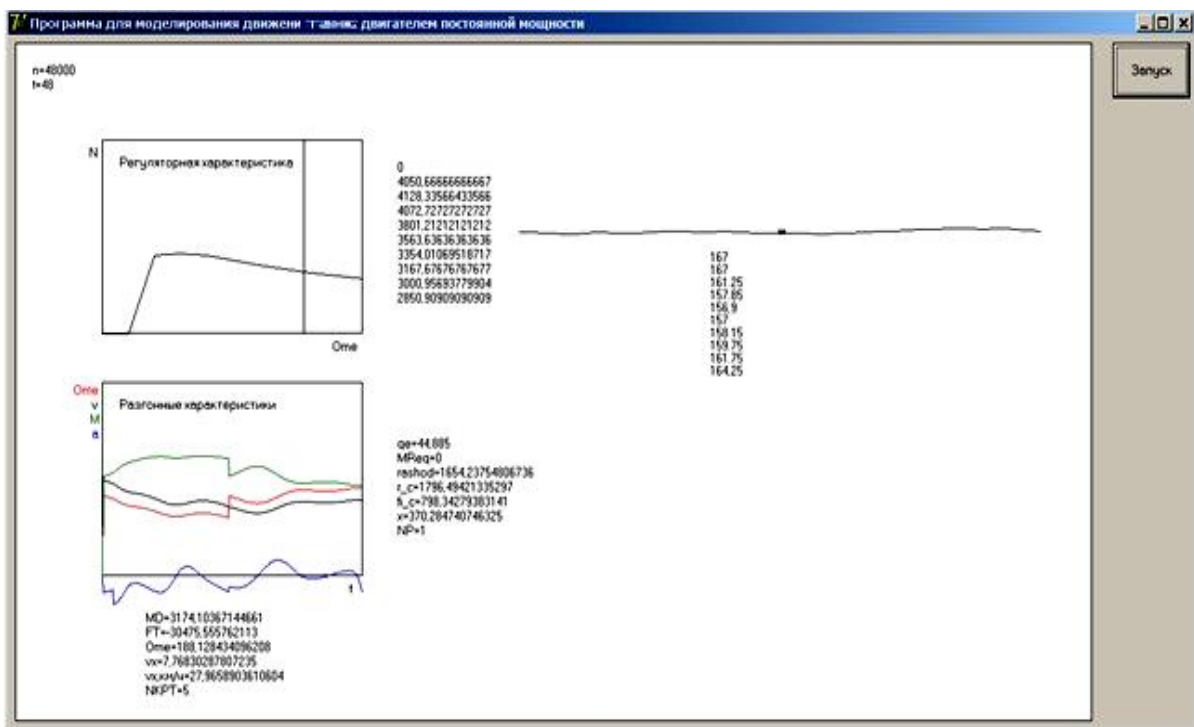


Рис. 1. Вывод результатов моделирования в «Программе для моделирования динамических показателей гусеничной машины с двигателем постоянной мощности» [2]

Программа предназначена для моделирования процесса движения гусеничной машины, оснащенной СУ с различными свойствами.

В тексте программы задаются физические параметры машины, передаточные отношения коробки передач, регуляторная характеристика двигателя (либо серийного, либо дефорсированного до режима ХПМ). В ходе работы программы на экран компьютера

выводятся регуляторная характеристика двигателя и разгонные характеристики объекта его использования, текущие значения скорости движения и расхода топлива.

На рисунке 2 и 3 изображены результаты моделирования разгона машины с СУ типа В-2 мощностью 735 кВт на «штатном» уровне и 588 кВт на «пониженном», массой 50 тонн, по сухой грунтовой дороге с места до скорости 65 км/ч.

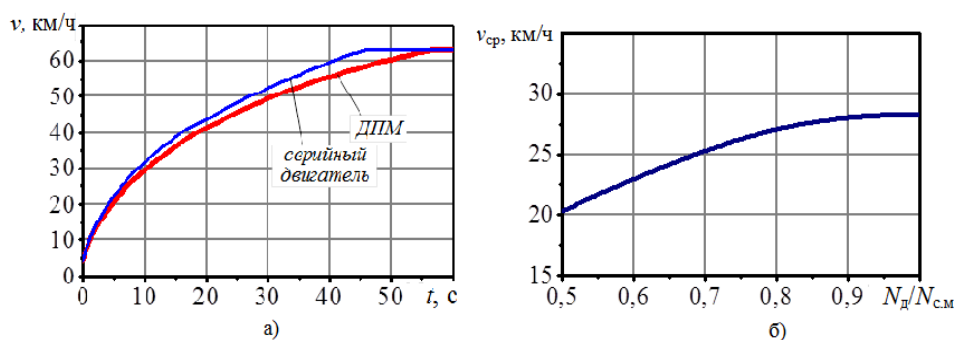


Рис. 2. Динамические показатели гусеничной машины с деформированным до ДПМ и серийным двигателем: а) разгон гусеничной машины по сухой грунтовой дороге; б) закономерности изменения средней скорости машины от уровня мощности силовой установки

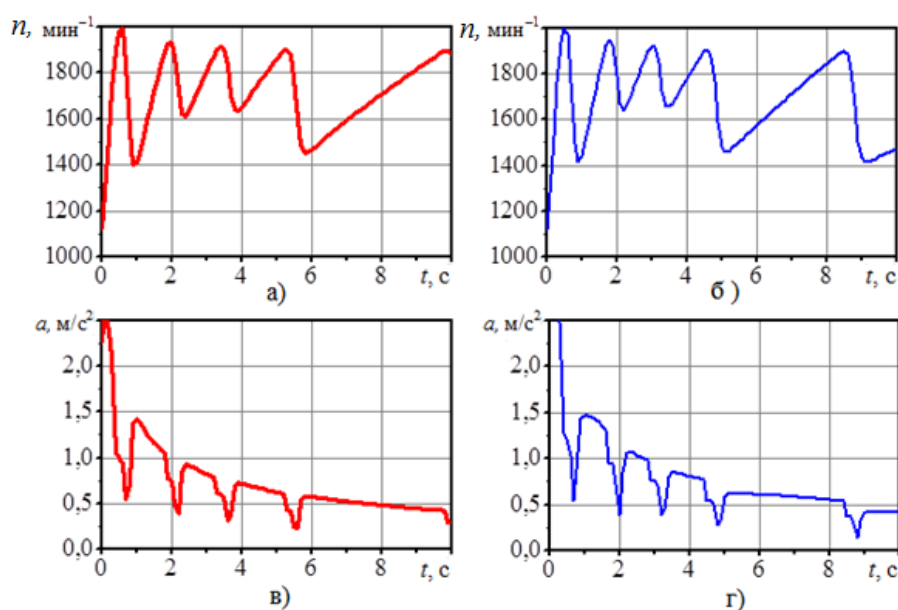


Рис. 3. Изменение с течением времени частоты вращения коленчатого вала n (а, б), и ускорения гусеничной машины: а (в, е) при разгоне по сухой грунтовой дороге с серийным (б, г) и деформированным (а, в) до ДПМ двигателем

Анализ полученных данных показывает некоторое (до 10%) снижение динамических (разгонных) показателей объекта при работе на пониженном уровне мощности относительно серийной настройки, рисунок 2 (а). Так же отмечается уменьшение средней скорости движения машины пропорционально с уровнем деформирования СУ $N_d/N_{с.м.}$.

Анализ результатов моделирования влияния уровня $N_d/N_{с.м.}$ на количество переключений передаточных пар N_n и расход топлива на один километр $g_{е.уд}$ при движении по всей совокупности ДГУ показал выраженное преимущество деформированного двигателя по данным показателям (рис. 4).

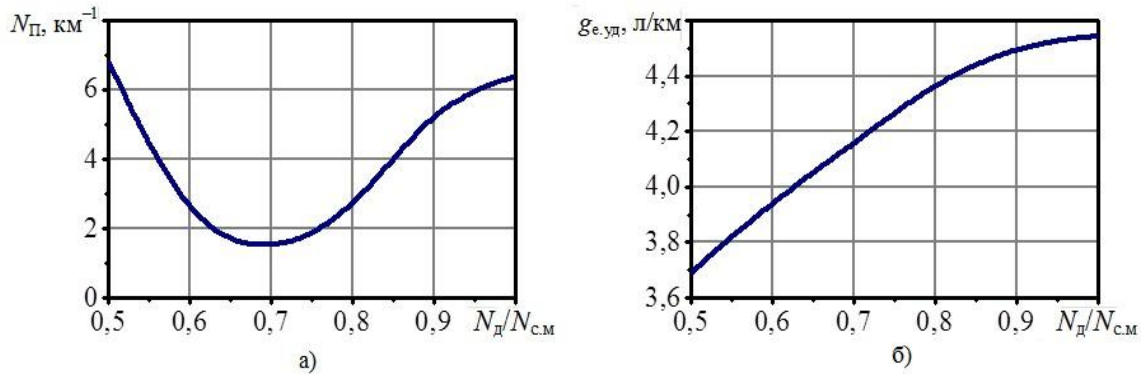


Рис. 4. Влияние уровня дефорсирования $N_d/N_{с.м.}$ на количество N_p переключений передач на 1 км (а); расход топлива на один километр $g_{e,уд}$ (б)

Анализ представленных на рисунке 5 результатов показывает, что эффект от использования двигателя на пониженном уровне мощности более выражен при усложнении рельефа ДГУ. Параметры дорожно-грунтовых условий представлены в таблице 1. Так, использование СУ на пониженном уровне мощности позволяет

снизить на 20 – 40 % количество переключений передач при движении машины по сложному рельефу, рисунок 5(а). При этом снижаются требования к регулирующим свойствам трансмиссии и создаются условия для улучшения качества работы водителя.

Таблица 1 – Группы дорожно-грунтовых условий

Группа дорожных условий	Грунт	Значения коэффициентов			
		$f_{гр}$ (коэффициент сопротивления движению) со стороны грунта	$m_s(f_{гр})$ математическое ожидание удельной силы сопротивления грунта	$D(\alpha)$, рад дисперсия углов наклона местности	σ_R , 1/м среднее квадратичное отклонение кривизны пути
ДГУ-1	Асфальт	0,0100-0,0200	0,0150	$7,08 \cdot 10^{-4}$	0,0254
ДГУ-2	Сухая грунтовая дорога	0,0200-0,0500	0,0350	$11,56 \cdot 10^{-4}$	0,0254
ДГУ-3	Песок, снег, и пр.	0,0250-0,1500	0,0875	$15,84 \cdot 10^{-4}$	0,0437
ДГУ-4	Болото низинное	0,040-0,300	0,1700	$38,69 \cdot 10^{-4}$	0,4370

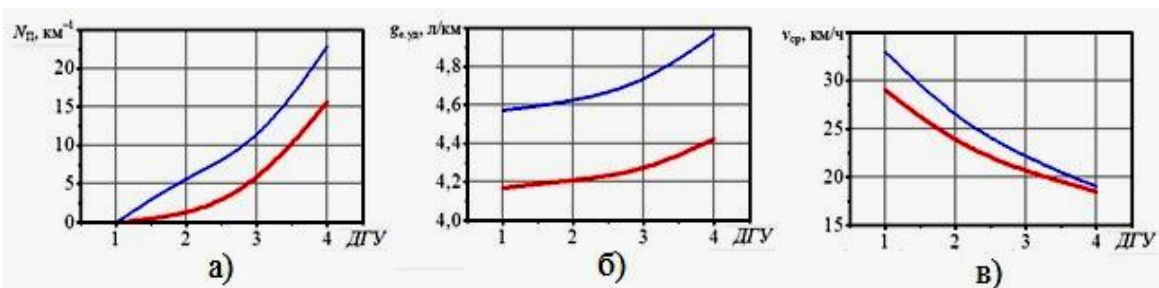


Рис. 5. Влияние группы дорожных условий ДГУ на количество N_p переключений передач на 1 км (а); расход топлива на один километр $g_{e,уд}$ (б); среднюю скорость $v_{ср}$ (в). Тонкая синяя линия – серийный двигатель; толстая красная линия – двигатель постоянной мощности

Наблюдается явное преимущество использования гусеничной машины на пониженном уровне мощности по топливной экономичности, рисунок 5 (б). Моделированием установлено улучшение эффективного расхода топлива дефорсированной СУ объекта на 7-10 % относительного серийной регулировки двигателя.

Рисунок 5 (в) иллюстрирует закономерность, заключающуюся в приближении характеристик СУ на пониженном уровне мощности к показателям СД очевидно связанной с повышенным коэффициентом приспособляемости ДПМ, равном $K_M = 1,4$, что создает предпосылки к более легкому преодолению внешних возмущений, связанные с увеличением сложности ДГУ.

Вывод

Таким образом, полученные результаты показывают целесообразность перевода двигателя на дополнительный – «пониженный» уровень номинальной мощности по показателю более полного использования энергетических возможностей силовой установки. Что в свою очередь обеспечит улучшение топливной экономичности и условий работы водителя, связанного со снижением количества переключений передач.

Библиографический список

1. Кутьков, Г.М. Удельная конструкционная масса сельскохозяйственного трактора как показатель его технического уровня / Г.М. Кутьков, А.П. Порфенов // Тракторы и сельхозмашины. – 1987. – № 2. – С. 12-14.
2. Программа моделирования динамических показателей гусеничной машины с двигателем постоянной мощности: Д.В. Шабалин, В.С. Кукис. - Свидетельство о государственной регистрации программы на ЭВМ №2016610392. Оpubl. 11.01.2016.

УДК 656.073.8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОМИНАНТНЫХ ФАКТОРОВ СОХРАННОСТИ ГРУЗА НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

О.Ю. Смирнова¹, К.К. Стоян²,

¹Уральский государственный университет путей сообщения, филиал в г. Тюмени, Россия, г. Тюмень

²Тюменский индустриальный университет, Россия, г. Тюмень.

Аннотация. Сохранность груза в процессе перевозки – это основная обязанность перевозчика. Увеличение уровня сохранности груза при перевозке напрямую связано с

MODELING TECHNIQUE OF MOVING A TRACK VEHICLE WITH VARIOUS NOMINAL RATING POWER LEVELS

P.A. Senkin

Abstract. In article are considered questions of comparative mathematical modeling dynamic and fuel-economic factors of the caterpillar machine when equipping her power installation with different level of the nominal power and condition протекания external speed feature. The Got results show practicability of the translation of the engine on additional - "lowered" level to nominal power on factor more full use the energy possibilities of the power installation. That will in turn provide the improvement to fuel economy and conditions of the functioning (working) the driver, connected with reduction amount gearshifts.

Keywords: track-laying vehicle, capability, loading, power plant, model analysis.

References

1. Kut'kov G.M., Porfenov A.P. Udel'naja konstrukcionnaja massa sel'skhozajstvennogo traktora kak pokazatel' ego tehnicheskogo urovnja [Specific constructional mass of the agricultural tractor as indicator of his technological level]. *Traktory i sel'hozmashiny*, 1987, no 2. pp. 12-14.
2. Shabalin D.V., Kukis V.S. *Programma modelirovanija dinamičeskikh pokazatelej gusenichnoj mashiny s dvigatelem postojannoju moshhnosti* [The Program of modeling of the dynamic factors of the caterpillar machine with engine of the constant power]. Programmy na JeVM no 2016610392. Opubl. 11.01.2016.

Сенькин Петр Александрович (Россия, г. Омск) – адъюнкт Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/е, senkinpetr@mail.ru).

Senkin Petr Aleksandrovich (Russian Federation, Omsk) – postgraduate student of the Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 m/t, senkinpetr@mail.ru).

необходимостью учета влияния факторов, действующих на сохранность груза, которые имеют сложную и инвариантную природу воздействия. В процессе организации перевозки идентификация наиболее значимых по величине факторов (доминантных) способствует рациональному проведению организационно-технологических мероприятий с точки зрения сохранности груза в процессе перевозки.

Ключевые слова: автомобильные грузовые перевозки, сохранность груза, факторы, влияющие на сохранности груза, метод экспертных оценок.

Введение

При перевозке груза особое внимание уделяется его транспортабельности. Требования транспортабельности предусматривают обеспечение перевозки груза без повреждений и потерь, эффективное использование транспортных средств, производство погрузочно-разгрузочных и складских работ и всего комплекса операций, связанных с его перемещением от отправителя к получателю [1]. Любой объект имеет свойство сохраняемости, это свойство перевозимых объектов, сохранять исправное и работоспособное состояние в течении и после транспортировки [2]. Для более высокой степени сохраняемости груза используются специальные мероприятия, определяющие сохранность груза.

Сохранность груза при перевозках – обеспечение доставки груза от отправителя до получателя без ухудшения их качества и в количестве, указанном в перевозочных документах (с учетом норм естественной убыли). В зависимости от расстояния перевозки, а именно с его увеличением, увеличивается риск несохранности груза, а значит более восприимчивой к риску несохранности груза следует считать перевозки в междугородном сообщении [3]. Согласно общепринятой классификации грузов и действующими нормативно-правовыми актами менее регламентируемой, с точки зрения сохранности груза, остается перевозка генеральных грузов. В связи с достаточно большой номенклатурой генеральных грузов, особое внимание следует уделять наименее сохраняемым.

Разработка структурно-логической схемы факторов

Сохранность груза выступает как приоритетный показатель качества автомобильной перевозки груза. Несохранность груза в свою очередь не зависимо от ее типа (повреждение, порча, утрата, недостача), ведет к неблагоприятным экономическим последствиям для всех участников перевозки, и прямо пропорционально влияет на эффективность, как отдельного субъекта данной экономической деятельности, так и на автомобильный транспорт в целом. Уровень утраченных по различным причинам грузов, по данным «РОСГОССТРАХ», составляет 0,3-0,45% от общего объема грузопотока, так на автомобильном транспорте – 0,3%, из них 70% приходится на хищения, остальные 30% – на аварии и крушения. По данным «РОССЮРВЕЙР» каждая 6-ая перевозка сопровождается с неправильным или недостаточным креплением, упаковкой и размещением груза. Угроза потерь материальных ценностей только по таким факторам, как халатность и кражи, по данным международных страховых экспертных оценок, составляют минимум 15% годового оборота компаний [4].

Перевозка груза, как процесс перемещение объекта имеющего материальную ценность, в рамках договора перевозки, состоит из 2 этапов: организации (планирования) и непосредственно транспортировки. Сохранность груза в период непосредственно транспортировки напрямую зависит от того насколько серьезно прорабатывался этот вопрос на этапе планирования, где стандартными процедурами в этом плане являются выбор вида транспорта, типа подвижного состава, маршрута доставки, выбора конкретного исполнителя-перевозчика.

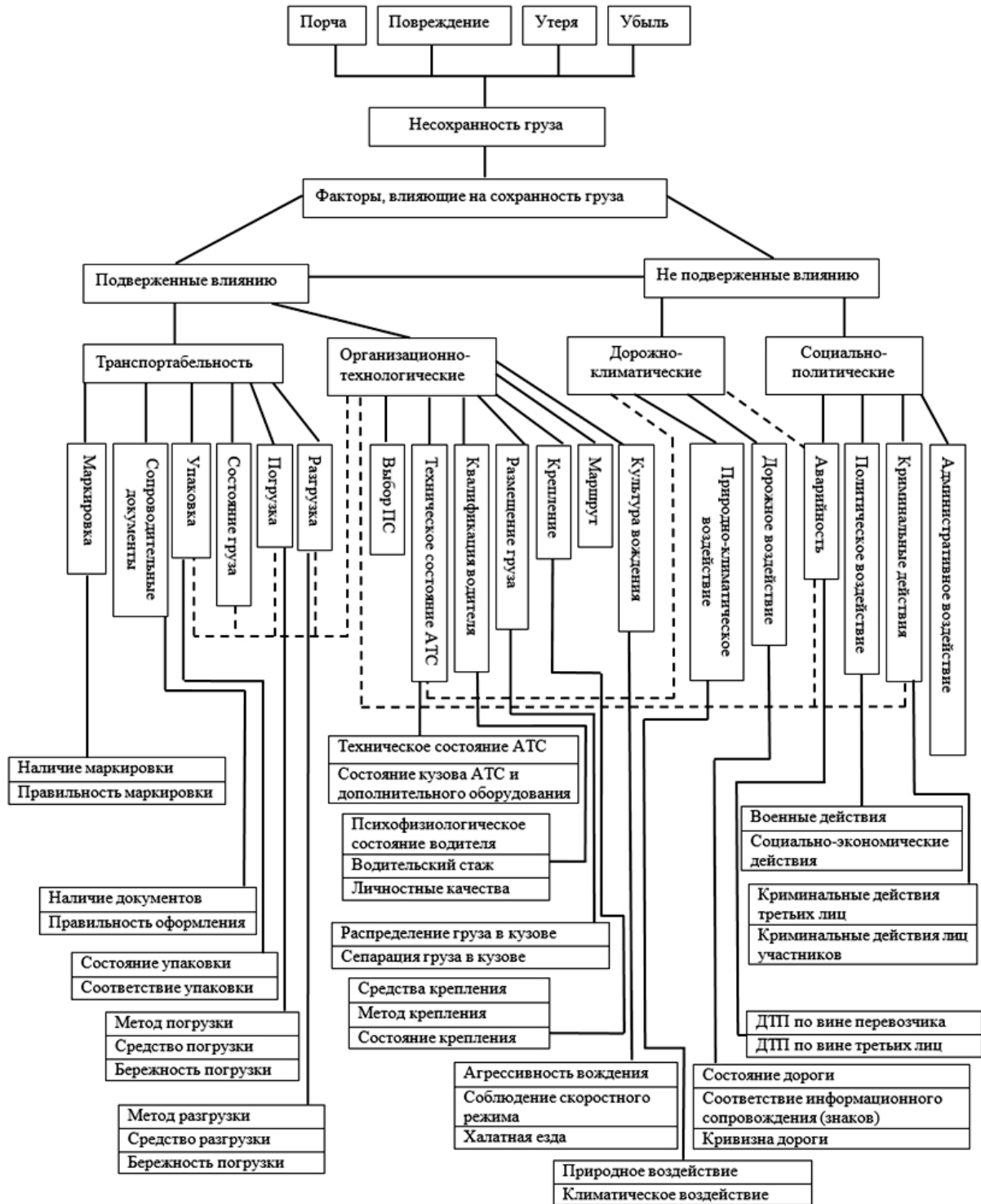


Рис. 1. Структурно-логистическая схема факторов, влияющих на сохранность груза при перевозке

Это общепринятые стандартные процедуры, которые применяются на любых перевозках. На этапе транспортировки, факторы, влияющие на сохранность груза, будут отражены внешней средой и субъективно-направленными действиями лиц – участников перевозочного процесса. Такими факторами являются: природно-климатические воздействия, аварийность на маршруте, криминальные действия, политическое воздействие, дорожное воздействие, техническая неисправность АТС, состояние груза, сопроводительные документы, культура вождения.

В ходе аналитических исследований был определен наиболее полный перечень факторов, влияющих на сохранность груза на автомобильном транспорте, структурно-логическая схема которых изображена на рисунке 1. Используя положения системного анализа, все факторы разделены на 2 основные группы: факторы внутренней среды (на которые перевозчик может воздействовать) и факторы внешней среды (на которые перевозчик не имеет возможности повлиять). Схема представлена в виде групп в разрезе 2 горизонтальных (управляемость) и 3 вертикальных (содержательность) уровней. Из приведенного списка факторов, влияющих на сохранность груза, применительно к междугородней перевозке генеральных грузов, следует выделить факторы несохранности, которые могут выступать и констатироваться как причина наступления случаев несохранности груза, к ним относятся: упаковка груза, маркировка груза, размещение груза в кузове АТС, крепление груза, погрузка груза, разгрузка груза, квалификация водителя.

Поведение опроса экспертов и обработка анкет

Факторы, влияющие на сохранность груза на автомобильном транспорте, имеют сложную систему воздействия, и не постоянную величину воздействия. В случае констатации факта случая несохранности груза причиной может послужить как один фактор, так и несколько. Факторы по величине влияния применительно к перевозке могут выступать как рецессивные (наименьшая величина влияния) и доминантные (наибольшая величина влияния). Для определения доминантных факторов в исследовании использовались положения теории экспертных оценок. Экспертный метод решения задач основан на использовании обобщенного опыта и

интуиции специалистов-экспертов [5, 6, 7]. Необходимость использования экспертного метода обуславливается несколькими причинами: *во-первых*, невозможно провести активный эксперимент при организации перевозок; *во-вторых*, отсутствует официальная статистика по случаям несохранности груза с выявлением причин; *в-третьих*, наличие качественных характеристик некоторых факторов, влияющих на сохранность груза, не дает возможности использовать количественные оценки.

Учитывая, что прямое ранжирование факторов затруднительно для эксперта (по причине совместного влияния факторов), бальная оценка не корректно будет отражать степень выраженности факторов и то, что в теории экспертных оценок существует альтернативный подход, в ходе исследования был использован метод попарного сопоставления, чтобы выявить предпочтения экспертов в чистом виде [6]. Каждый эксперт заполняет такую таблицу методом парных сравнений факторов. Проведение пассивного эксперимента в режиме реального времени (натурного), является невозможным, по причине определения большинства факторов как дрейфующих (систематически изменяемыми во времени), согласно [8].

Качественный состав экспертной группы обеспечивался специалистами в области грузовых автомобильных перевозок, и представлен начальниками отделов служб эксплуатации и начальниками автоколонн предприятий. Основные требования к выбранным организациям при формировании экспертной группы: количество подвижного состава, занятого на междугородных перевозках, должно быть не менее 50 единиц техники; длина ездки с грузом на регулярных маршрутах должна быть не менее 500 км; существования на рынке транспортных услуг более 5 лет.

Основные требования к экспертам: стаж работы на занимаемой должности в данном предприятии не менее 5 лет; общий стаж работы в области автомобильных перевозок не менее 10 лет.

Все эксперты являются аттестованными специалистами в области грузовых автомобильных перевозок и ранее не принимали совместного участия в экспертных группах, поэтому весовые коэффициенты значимости ответов экспертов являются одинаковыми.

Количество экспертов тоже играет важную роль. С ростом числа экспертов в

ТРАНСПОРТ

группе точность измерения повышается. В соответствии с априорной зависимости доверительной вероятности результатов экспертной оценки от количества экспертов в группе, минимальное количество экспертов 9, что определяет доверительную вероятность оценки 0,9.

Выполнять процедуру определения доминантных факторов из общего перечня необходимо с учетом вида и условий перевозки. При этом сам перечень факторов может не изменяться, но значимость

отдельно взятого качества и их сочетаний может быть различной. Данное положение согласуется с мнением ученых и экспертов по данному вопросу [5, 6].

На основании анализа результатов предыдущих работ по исследуемой проблеме несохранности груза, используя системный подход, был сформулирован перечень факторов (табл. 1, 2). При формировании перечня учитывалось мнение привлеченных экспертов.

Таблица 1 – Перечень факторов внутренней среды

№ п/п	Наименование фактора	Структура фактора	Свойства фактора	Причина необходимости учета
1	Упаковка груза	- <i>состояние упаковки;</i> - <i>соответствие упаковки</i>	Упаковка груза является крайней «оболочкой» груза, что выражается как защита груза от внешних воздействий и воздействий между составными элементами груза	Упаковка выполняет защитные функции груза
2	Маркировка груза	- <i>соответствие маркировки</i>	Информационное определение возможных операций с грузом	Манипуляции с грузом производятся согласно данным маркировки
3	Погрузка груза	- <i>метод погрузки;</i> - <i>средство погрузки;</i> - <i>бережность погрузки</i>	Процедура погрузки груза оказывает непосредственное воздействие на груз в момент его перемещения в кузов АТС	Манипуляции с грузом на предмет его перемещения
4	Размещение груза в кузове АТС	- <i>распределение груза в кузове;</i> - <i>сепарация груза</i>	Распределение груза в кузове обеспечивает определения точки воздействия инерционных сил, уменьшает механическое воздействие составных элементов груза, способствует проведению продуктивной процедуры крепления	Груз оказывает взаимное воздействие на свои составные единицы
5	Крепление груза	- <i>состояние крепления;</i> - <i>метод крепления;</i> - <i>средство крепления</i>	Крепление груза обеспечивает подавление инерционных сил, действующих на груз.	Инерционные силы оказывают прямое воздействие на груз и на АТС.
6	Разгрузка груза	- <i>метод разгрузки;</i> - <i>средство разгрузки;</i> - <i>бережность разгрузки</i>	Разгрузка груза оказывает непосредственное воздействие на груз в момент его перемещения из кузова АТС.	Манипуляции с грузом на предмет его перемещения

ТРАНСПОРТ

Продолжение Таблицы 1

7	Квалификация Водителя	<ul style="list-style-type: none"> - психофизиологическое состояние водителя; - личностные качества - водительский стаж 	Фактическое перемещение груза в пространстве	Элементы управления АТС (ускорение, торможение, проведение маневров и т.п.) создают инерционные силы, воздействующие на груз
---	-----------------------	--	--	--

Таблица 2 – Перечень факторов внешней среды

№ п/п	Наименование фактора	Структура фактора	Свойства фактора	Причина необходимости учета
1	Природно-климатическое воздействие	<ul style="list-style-type: none"> - природные воздействия; - климатические воздействия 	Погодное и природное воздействие в комплексе формируют дорожно-транспортную обстановку	Природно-климатический комплекс
2	Политическое воздействие	<ul style="list-style-type: none"> - военные действия; - социально-экономические действия; - административное воздействие 	Комплекс внешне- и внутриэкономической ситуаций	Социально-политический комплекс
3	Аварийность	- дорожно-транспортные происшествия	Участие АТС в ДТП	ДТП оказывает прямое механическое воздействие на ТС и груз соответственно
4	Криминальные действия	- противоправные действия	Противоправные действия направленные на процесс перевозки	Предметом криминальных действий являются элементы перевозки
5	Техническое состояние АТС	<ul style="list-style-type: none"> - техническое состояние АТС; - техническое состояние кузова и оборудования АТС 	Подвижной состав является средством перевозки	Поломка или неисправность АТС
6	Состояние груза	<ul style="list-style-type: none"> - производственное состояние; - транспортабельность груза 	Характеристики, свойства груза. Особенности перевозки	Груз является источником рисков несохранности
7	Сопроводительные документы	<ul style="list-style-type: none"> - сведения о грузе; - инструкции к перевозке 	Процесс перевозки основан на характеристиках перевозимого груза.	Перевозка, целиком и полностью зависит от объекта перевозки

ТРАНСПОРТ

Продолжение Таблицы 2

8	Дорожное воздействие	- состояние дороги; - кривизна дороги; - Информационное сопровождение (знаки)	Оказывают вибрационное воздействие на АТС и груз. Инерционные силы.	Механическое воздействие прямо воздействует на груз
---	-------------------------	--	---	---

Для определения доминантных факторов, влияющих на сохранности груза, в соответствии с выбранным методом попарного сопоставления были составлены матрицы парных сравнений. В экспертизе приняли участие 10 экспертов. Все эксперты отвечали требованиям компетентности, объективности. Сводные таблицы обработки анкет экспертов представлены в таблице 2 и 3. Обработка анкет показала, что эксперты при организации перевозок грузов в

междугородном сообщении на автомобильном транспорте считают:

- существенно важными факторами внутренней среды, влияющими на сохранность груза, являются: крепление груза, размещение груза в кузове транспортного средства, квалификация водителя, упаковка груза. Коэффициент конкордации равен 0,55.

Таблица 3 – Сводная таблица обработки анкет факторов внутренней среды

Факторы/ Эксперт	Упаков ка	Марки ровка	Погруз ка	Разме щение	Крепление	Разгрузка	Квалификация водителя
Эксперт 1	5,5	7	1,5	4	1,5	3	5,5
Эксперт 2	2	7	3	5,5	5,5	4	1
Эксперт 3	5	7	4	3	1	5	2
Эксперт 4	3	6	5	1,5	1,5	7	4
Эксперт 5	3	5,5	5,5	4	1,5	7	1,5
Эксперт 6	5,5	5,5	4	3	1,5	7	1,5
Эксперт 7	4	7	5	1,5	1,5	6	3
Эксперт 8	5	6	4	3	1	7	2
Эксперт 9	2	3,5	5,5	3,5	1	7	5,5
Эксперт 10	4	5,5	5,5	3	2	7	1
Сумма рангов	40	60	43	32	18	60	27
Итогов. ранг	4	6	5	3	1	6	2

Таблица 4 – Сводная таблица обработки анкет факторов внешней среды

Факторы внешней среды/ эксперт	Природно- климатическо е воздействие	Политическое воздействие	Аварийность	Криминаль- ные действия	Техническое состояние АТС	Состояние груза	Сопроводите льные документы	Дорожное воздействие	Культура вождения
Эксперт 1	6	9	1,5	1,5	4	8	7	4	4
Эксперт 2	7	8,5	5,5	5,5	1	8,5	4	2,5	2,5

Продолжение Таблицы 4

Эксперт 3	4,5	8	2,5	7	4,5	9	6	2,5	1
Эксперт 4	1,5	8	6,5	6,5	5	9	3,5	1,5	3,5
Эксперт 5	1,5	9	3	6	4,5	8	7	1,5	4,5
Эксперт 6	1,5	8	5,5	5,5	3,5	8	8	1,5	3,5
Эксперт 7	1,5	8	4	6	4	8	8	1,5	4
Эксперт 8	1	9	5	6	4	8	7	3	2
Эксперт 9	2,5	9	5,5	2,5	2,5	8	7	2,5	5,5
Эксперт 10	3	8	5,5	1,5	5,5	8	8	4	1,5
Сумма рангов	30	84,5	44,5	48	38,5	82,5	65,5	24,5	32
Итоговый ранг	2	9	5	6	4	8	7	1	3

• существенно важными факторами внешней среды, влияющими на сохранность груза, являются: дорожное воздействие, природно-климатическое воздействие, культура вождения, техническое состояние АТС, аварийность, криминальные действия. Коэффициент конкордации для факторов внешней среды равен 0,67.

Заключение

Обработка результатов экспертного оценивания показала, что в числе факторов, влияющих на сохранности груза, были выявлены следующие факторы: крепление груза; размещение груза в кузове транспортного средства; квалификация водителя; упаковка груза. Отдельно опрос по факторам внешней среды показал в числе существенных: дорожное воздействие, природно-климатическое воздействие, культура вождения, техническое состояние АТС, аварийность, криминальные действия. Данные факторы по результатам исследования, являются доминантными по своему влиянию на сохранность генеральных грузов в процессе доставки автомобильным транспортом в междугородном сообщении.

Библиографический список

1. Грузоведение: учебник / С.С. Войтенков, Т.В. Самусова, Е.Е. Витвицкий; под науч. ред. д-ра тех. наук, проф. Е.Е. Витвицкого. – Омск: СибАДИ, 2014. – 196 с.
2. ГОСТ Р 51005-96 Услуги транспортные. Грузовые перевозки. Номенклатура показателей качества – Введ. 01-01-1997. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997 – 12 с.
3. Мочалин, С.М. Оценка рисков в цепях поставок при перевозках грузовым автомобильным транспортом / С.М. Мочалин, В.В. Чувилова // Интегрированная логистика. – 2011. – № 3. – С. 5-6.

4. Хранитель. Медиалпортал о безопасности. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.psj.ru/> (дата обращения – 02.04.2016.)
5. Ларионов, А.И. Экономико-математические методы в планировании / А.И. Ларионов, Т.И. Юрченко, А.Л. Новоселов – М.: Высшая школа, 1991. – 216 с.
6. Орлов, А.И. Эконометрика: учеб. пособ. Для вузов / А.И. Орлов. – М.: Изд-во «Экзамен», 2002. – 576 с.
7. Сидняев, Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учеб. пособ. / Н.И. Сидняев. – М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2011. – 399 с.
8. Методика проведения экспертных методов для оценки качества продукции / А.В. Гличев, Н.И. Цибизов, Г.О. Рабинович [и др.]. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 55 с.

DETERMINING THE DOMINANT FACTORS OF CARGO SAFETY ON MOTORTRANSPORT

O.Yu. Smirnova, K.K. Stoyan

Abstract. Cargo safety in transportation is the main responsibility of the carrier. The increasing of the cargo safety level during of transportation is directly related to the necessity of considering the factors are influence on the cargo safety, which have a complex and invariant impact. Identification of the most important factors (dominant) in the process of the transportation contributes to rational conduct of and technological actions from the point of view of cargo safety during transportation.

Keywords: motortransportation, cargo safety, the factors influencing of cargo safety, expert evaluation method.

References

1. *Gruzovedenie: uchebnik* [Cargo handing: textbook]. S.S. Vojtenkov, T.V. Samusova, E.E. Vitvickij; pod nauch. red. d-ra teh. nauk, prof. E.E. Vitvickogo. Омск: SibADI, 2014. 196 p.
2. *GOST R 51005-96 «Uslugi transportnye. Gruzovye perevozki. Nomenklatura pokazatelej*

kachestva» [State standard 51005-96 «Transport. Services. Freight traffic. Quality index nomenclature»].1997. 12 p.

3. Mochalin S.M., Chuvikova V.V. Ocenka riskov v cepjah postavok pri perevozkah gruzovym avtomobil'nym transportnom [Risk assessment for delivery on motor transport]. *Integriruvannaja logistika*, 2011, no 3. pp. 5-6.

4. Available at: <http://www.psj.ru/>

5. Larionov A.I., Jurchenko T.I., Novoselov A.L. *Jekonomiko-matematicheskie metody v planirovanii* [Economic-mathematical methods in planning]. Moscow, Vysshaja shkola, 1991. 216 p.

6. Orlov A.I. *Jekonometrika: Ucheb. posob. Dlja vuzov* [Econometrics: textbook for universities]. Moscow, Izd-vo «Jekzamen», 2002. 576 p.

7. Sidnjaev N.I. *Teorija planirovanija jeksperimenta i analiz statisticheskikh dannyh: Ucheb. posob.* [The theory of experimental planning and analysis of statistical data]. Moscow, Izdatel'stvo Jurajt; ID Jurajt, 2011. 399 p.

8. *Metodika provedenija jekspertnyh metodov dlja ocenki kachestva produkcii* [The methodology of applying expert methods for product quality evaluation]. A.V. Glichev, N.I. Cibizov, G.O. Rabinovich [i dr.]. Moscow, Izd-vo standartov, 1975. 55 p.

Смирнова Ольга Юрьевна (Тюмень, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры общенаучных дисциплин Уральского государственного университета путей сообщения; Филиал в г. Тюмени (625025, г. Тюмень, ул. Мира, 12, e-mail: OYSmirnova@usurt.ru).

Стоян Кирилл Константинович (Россия, г. Тюмень) – аспирант кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» Тюменского индустриального университета (625000, г. Тюмень ул. Володарского, 38, e-mail: sto-kk@mail.ru).

Smirnova Olga Yur'evna (Russian Federation, Tyumen) – candidate of technical sciences, Assistant Professor Scientific disciplines department Ural State University of Rail Transport, Branch in Tyumen, (625025, Tyumen, Mira str., 12., e-mail: OYSmirnova@usurt.ru

Stoyan Kirill Konstantinovich (Russian Federation, Tyumen) – postgraduate student of the department motor transport operation of the Industrial University of Tyumen (625000, Tyumen, Volodarskogo, 38 , e-mail: sto-kk@mail.ru).

УДК 656.1

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ В ПЛАНИРОВАНИИ РАБОТЫ ГРУЗОВОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Л.С. Трофимова, В.В. Анохин
ФБГОУ ВО «СибАДИ», Россия, Омск.

Аннотация. В статье представлены результаты анализа, которые позволили установить, что в ранее выполненных исследованиях применение оптимизационных задач было направлено на оперативное планирование работы подвижного состава и перспективное планирование развития производственно-технических и ремонтных баз, размещения транспортных мощностей. В качестве критерия эффективности, как правило использовались затраты, а не прибыль от выполнения условий договоров. Предложенные ранее критерии эффективности определялись индивидуально для целей коммерческой и технической эксплуатации, а не для предприятия в целом.

Ключевые слова: планирование, автотранспортное предприятие, коммерческая эксплуатация, техническая эксплуатация, подвижной состав.

Введение

Практическая деятельность грузового автотранспортного предприятия (АТП) осуществляется в соответствии с годовым планом его работы, в котором на основе изучения потребностей в перевозках составляются план эксплуатации подвижного состава и план технического обслуживания и ремонта подвижного состава. Эти планы являются базой для определения возможности осуществления объемов перевозок, установленных в договорах,

ресурсов для их выполнения. В плане перевозок устанавливаются местонахождения грузообразующих и грузопоглощающих пунктов, определяющие длину ездки с грузом, которая влияет на выработку подвижного состава в тоннах и тонно-километрах, общий пробег [1].

Обзор практики работы АТП показал [2], что план эксплуатации подвижного состава и план технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) подвижного состава составляются в разных подразделениях АТП, в

экономическом отделе определяется плановая величина прибыли. Для расчета выработки используется средняя величина длины ездки с грузом, а для планирования количества ТО и Р – общий пробег. В планировании не учитывается, что длина ездки с грузом в современных условиях неопределенного спроса является вероятностной величиной и не соответствует средним значениям или сложившимся величинам для определенного типоразмера подвижного состава [1].

В современных условиях деятельность АТП является самостоятельной, осуществляемой на свой риск деятельностью, направленной на систематическое получение прибыли от выполнения транспортной работы [3]. Основным принципом деятельности грузовых АТП является стремление к превышению результатов его деятельности (выручки) над затратами при выполнении условий договоров. Этому принципу подчиняются все рациональные управленческие решения.

В таких условиях актуальной является анализ оптимизационных задач, который позволит определить применение их для планирования работы АТП с целью выполнения заданного объема перевозок и получения максимальной прибыли.

Анализ применения оптимизационных задач в планировании работы грузового автотранспортного предприятия.

С начала развития теории по планированию деятельности грузового АТП все работы были разделены для решения двух основных научных проблем: 1 – создание теоретических основ и на их

базе практической системы обеспечения и поддержания автомобильного парка в годном для эксплуатации состоянии и 2 – теоретическое обоснование принципов организации автомобильного парка в области грузовых перевозок. Решения оптимизационных задач в планировании работы грузового АТП имеют эти же два основных направления.

Процесс перевозок грузов рассматривали такие авторы как С.Р. Лейдерман, П.В. Каниовский, Л.Л. Афанасьев, О.М. Цукерберг, Д.П. Великанов, которые выбирали наибольшее значение из натуральных и стоимостных показателей результатов планирования при влиянии на них технико-эксплуатационных показателей, но не использовали целевую функцию. В работах [2, 4] установлено, что исследования проводились с использованием математических моделей, предназначенных для сменно-суточного планирования работы подвижного состава.

Ряд ученых рассматривали оптимизационные задачи в деятельности АТП (табл. 1). Е.С. Кузнецов, И.П. Курников [5], В.П. Карташов, В.П. Мальцев изучали деятельность службы технической эксплуатации как подсистемы автомобильного транспорта. Е.С. Кузнецов, И.П. Курников [5] рассматривали использование суммарных приведенных затрат применительно к развитию территориально-производственной структуры производственно-технических баз (ПТБ). Однако разработанная математическая модель не учитывала взаимосвязь со службой коммерческой эксплуатации.

Таблица 1 – Результаты анализа применения оптимизационных задач в планировании работы грузового автотранспортного предприятия

Критерий эффективности	ФИО ученого	Применение
Суммарные приведенные затраты на организацию производственно-технической базы	Е.С. Кузнецов, И.П. Курников [5]	Оптимизация развития территориальной структуры производственно-технической базы
Себестоимость транспортной работы	В.П. Карташов, В.П. Мальцев	Анализ организации обслуживания и ремонта автомобилей
Приведенные эксплуатационные затраты на транспортирование крупногабаритных и тяжеловесных грузов	Н.А. Троицкая [6]	Размещение подвижного состава для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов
Общая стоимость перевозок	Д.Г. Одинцов	Оценка экономической эффективности совершенствования транспортного обеспечения строительных потоков
Минимум времени доставки, минимум числа автомобилей, минимум порожних пробегов	Б.Л. Геронимус [7]	Оперативное планирование работы подвижного состава при решении задач маршрутизации, построения графиков поставок

Суммарные затраты общественного труда на выполнение транспортных работ	А.П. Кожин [8]	Оптимальное развитие и размещение автотранспортных мощностей
Стоимость транспортной работы	И.И. Любимов [9]	Оптимизация структуры подвижного состава
Минимум протяженности маршрута	В.Н. Луканин, О.П. Гуджоян, А.В. Ефремов [10]	Решение задач маршрутизации для оперативного планирования.
Минимум транспортной работы	К.В. Ким, В.А. Житков [12] А.В. Вельможин, В.А. Гудков [13]	Оперативное планирование работы подвижного состава при решении транспортной задачи
Минимум суммарных затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт за эксплуатационный цикл	В.С. Лукинский [14]	Определение периодичности технического обслуживания и текущего ремонта за эксплуатационный цикл микрологистической системы автотранспортного предприятия

Критерий эффективности представлял собой приведенные затраты [5]:

$$\sum_{ij} X_{ij} \cdot C_{ij} + E_H \sum_j y_j \cdot f_1(y_j) + \sum_j y_j \cdot f_2(y_j) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где i – индекс стоянки подвижного состава; j – индекс БЦТО; E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; $f_1(y_j)$ – зависимость удельных капитальных вложений от мощности БЦТО; $f_2(y_j)$ – зависимость удельных затрат на заработную плату ремонтных рабочих от мощности БЦТО; $\sum_{ij} X_{ij} \cdot C_{ij}$ – годовые затраты на подачу обслуживаемых автомобилей с i -й стоянки на j -ю БЦТО.

В.П. Карташов, В.П. Мальцев для анализа организации и обслуживания автомобилей использовали такой критерий как удельная себестоимость транспортной работы на 1 тонно-километр, однако не выделяли саму оптимизационную задачу и метод ее решения (см. табл. 1).

Н.А. Троицкая [6], занимаясь вопросами эффективной работы грузовых автомобилей при перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов (КТГ), рассматривала вопросы размещения подвижного состава для перевозки КТГ с использованием приведенных эксплуатационных затрат на транспортирование КТГ (см. табл. 1). В качестве исходных данных предлагалось учитывать: груз (масса, длина, ширина, высота, особенности и объем перевозок); подвижной состав (масса тягача, масса прицепа, масса полуприцепа, полная масса

автотранспортного средства, число осей, нагрузка на ось, габаритные размеры); транспортные сети региона (категория дорог, геометрия дорог, искусственные сооружения, их габариты, интенсивность, состав потока, организация дорожного движения).

Д.Г. Одинцов рассматривал оценку экономической эффективности совершенствования транспортного обеспечения строительных потоков. Была разработана методика оптимального планирования перевозок местных строительных материалов на основе экономико-математических методов линейного программирования.

Б.Л. Геронимус [7] отметил необходимость учета вероятностных факторов при планировании деятельности АТП. В работе [7] рассмотрено решение задачи расчета потребного числа автомобилей, задачи определения минимального числа автомобилей при заданном объеме перевозок, задачи определения минимума времени доставки, минимума порожних пробегов.

А.П. Кожин [8] в качестве критерия оптимальности развития и размещения автотранспортного производства предложил суммарные затраты на выполнение транспортной работы (2). Ограничениями задачи является потребность клиентов в подвижном составе по количеству единиц, провозной способности и маркам (см. табл. 1).

$$p = c + E_H \cdot K, \quad (2)$$

где p – суммарные затраты на выполнение транспортной работы, руб.; c – эксплуатационные затраты, связанные с

процессом перевозок, руб.; E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; K – капитальные вложения в размещение, тыс. руб.

Критерием эффективности являлись суммарные затраты общественного труда на выполнение транспортных работ [8]:

$$p_{ij} = c_i + E_H \cdot K_i + d_{ij}, \quad (3)$$

где i – индекс пункта размещения $i=1,2,\dots,m$; j – индекс пункта грузоотправителя $j=1,2,\dots,n$; c_i – эксплуатационные затраты на выполнение единицы транспортной работы в i -ом автотранспортном подразделении, руб./1 приведенный тонно-километр; K_i – удельные капитальные вложения в i -ом автотранспортном подразделении, руб./1 приведенный тонно-километр; d_{ij} – затраты на прирост порожних пробегов автомобилей за счет нулевых при подаче автомобиля из i -го автотранспортного подразделения в j -ый пункт грузоотправителя, а также из последнего места разгрузки обратно, руб./1 приведенный тонно-километр.

В работе [9] была использована теория чувствительности при оптимизации структуры подвижного состава в зависимости от объема перевозок конкретного вида груза и затрат на содержание производственно-технической базы. В качестве критерия эффективности обоснован выбор стоимости транспортной работы, в качестве параметров модели оптимизации использована структура подвижного состава, в качестве внешних факторов – изменение транспортной работы.

Целевая функция имела вид [9]:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n N_{ATC_i} \cdot a_i}{\sum_{i=1}^n L_i} \rightarrow \min, \quad (4)$$

где N_{ATC_i} – количественный показатель парка; i -й – количество типов подвижного состава; a_i – затраты на содержание i -ой группы транспортных средств; L_i – транспортная работа i -й группы транспортных средств; \bar{L} – вектор внутренних параметров, составляющий затраты на содержание подвижного состава.

В.Н. Луканин, О.П. Гуджоян, А.В. Ефремов [10], а также зарубежные авторы [11] предложили решение задачи маршрутизации для оперативного планирования. В качестве критерия эффективности использовался минимум протяженности маршрута.

К.В. Ким, В.А. Житков [12] А.В. Вельможин, В.А. Гудков [13] рассматривали решение транспортной задачи линейного программирования для оперативного планирования. Ограничениями выступали условия неотрицательности объемов перевозок, полного удовлетворения всех потребителей и тот факт, что запасы всех поставщиков вывозятся полностью. В качестве целевой функции выступал минимум транспортной работы [12]:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{i,j} \cdot x_{i,j} \rightarrow \min, \quad (5)$$

где i – номер поставщика, $i=1,2,\dots,m$; j – номер потребителя, $j=1,2,\dots,n$; $c_{i,j}$ – стоимость перевозки единицы груза от i -го поставщика j -му потребителю; $x_{i,j}$ – объемы перевозок от i -го поставщика к j -му потребителю.

А.В. Вельможин, В.А. Гудков [13] предложили оценку эффективности производить по коэффициенту эффективности перевозочного процесса, представляющего собой отношение затрат, связанных с удовлетворением потребностей обслуживаемых транспортным предприятием в перевозке груза к фактическим затратам.

В работе В.С. Лукинского [14] была предложена детерминированная модель определения периодичности ТО и Р с экономическим критерием оптимальности в виде суммарных затрат на ТО и Р за эксплуатационный цикл микрологистической системы автотранспортного предприятия. Общие затраты на конечном пробеге $L_{ТО}$ и при средней наработке на отказ $L_{отк}=X(L_{ТО})$ определяются по формуле:

$$S = S_p + S_{ТО} = \frac{C_p \cdot L}{X(L_{ТО})} + \frac{C_{ТО} \cdot L}{L_{ТО}} \rightarrow \min, \quad (6)$$

где S_p – суммарные затраты на ремонт; $S_{ТО}$ – суммарные затраты на техническое обслуживание; $C_p, C_{ТО}$ – средняя стоимость ремонта и ТО соответственно; L – пробег за исследуемый период; $L_{ТО}$ – периодичность

технических обслуживаний; $X(L_{TO})$ – средняя наработка на отказ.

Х.Д. Квитко, Л.Б. Миротин, З.И. Аксенова указывали, что прибыль в значительной степени характеризовала вклад каждого предприятия в чистый доход страны, уровень организации труда и совершенство производства. Х.Д. Квитко, Л.Б. Миротин, З.И. Аксенова не рассматривали оптимизационные задачи с применением данного критерия.

Для планирования деятельности АТП было использовано структурно-функциональное представление об объекте, а основанием для декомпозиции служила модель, которая применялась для анализа процесса труда и учитывала особенности работы АТП в текущем режиме. Установлено, что объектом, на который направлена деятельность, является выполнение определенного, изо дня в день, повторяющегося перевозочного цикла с необходимыми для этого производственными циклами (поддержание в технически исправном состоянии подвижного состава, зданий, сооружений и т.д.) путем функционирования подсистем во времени как единого целого для обеспечения условий договора. Субъекты деятельности – подвижной состав; автотранспортные системы перевозок грузов; технологии выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту; технологическое оборудование; запасные части, материалы, инструмент и последовательность их применения; а также организация производства работ. Было определено, что результат процесса труда АТП – получение груза в соответствии с условиями договора – может быть получен за счет планирования взаимосвязи коммерческой и технической эксплуатации. В исследованиях рассматривается случайность как имманентное свойство системы, предполагается, что функционирование АТП подвержено непрерывным случайным изменениям [1]. Использование целевой функции должно ориентировать деятельность АТП на конечный результат, что позволяет рассматривать такое АТП как систему, учитывающую компоненты, которые оказывают влияние на выполнение условий договора.

Заключение

Результаты выполненного анализа позволили сделать следующие выводы:

1. В ранее выполненных исследованиях оптимизационные задачи применялись для оперативного планирования работы подвижного состава, а также перспективного планирования развития производственно-технических и ремонтных баз, размещения транспортных мощностей. В качестве критерия эффективности, как правило использовались затраты, а не прибыль от выполнения условий договоров.

2. В качестве критерия эффективности, как правило, использовались затраты, а не прибыль от выполнения условий договоров. Предложенные ранее критерии эффективности определялись индивидуально для целей коммерческой и технической эксплуатации, а не для предприятия в целом, что не позволяет обеспечить выполнение заданного объема перевозок и за счет этого получить прибыль.

В математических зависимостях использованы авторские обозначения показателей.

Библиографический список

1. Анохин, В.В. Влияние расположения грузообразующих и грузопоглощающих пунктов на развитие технологий транспортных процессов / В.В. Анохин, Л.С. Трофимова // Автомобильный транспорт сегодня: проблемы и перспективы: сборник статей научно-практической конференции (7–9 октября). – Воронеж: ВГЛУ. – 2015. – С. 249–252.
2. Трофимова, Л.С. Анализ применения теоретических положений грузовых автомобильных перевозок для описания функционирования автотранспортных предприятий в текущем режиме / Л.С. Трофимова, В.В. Анохин // Вестник СибАДИ. – 2015. – №1(41). – С. 36–42.
3. Гражданский кодекс Российской Федерации: части первая, вторая, третья и четвертая. Текст с изменениями и дополнениями на 1 июня 2015 года. – М.: ЭКСМО, 2015. – 688 с.
4. Мочалин, С.М. Математическая модель описания процесса доставки груза в прямых цепях поставок / С.М. Мочалин, Л.В. Тюкина // Вестник СибАДИ. – 2014. – №4 (38). – С. 21–29.
5. Кузнецов, Е.С. Производственная база автомобильного транспорта: состояние и перспективы / Е.С. Кузнецов, И.П. Курников. – М.: Транспорт, 1988. – 231 с.
6. Троицкая, Н.А. Перевозка крупногабаритных тяжеловесных грузов автомобильным транспортом / Н.А. Троицкая. – М.: Транспорт, 1992. – 157 с.
7. Геронимус, Б.Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте / Б.Л. Геронимус. – М.: Транспорт, 1982. – 192 с.

8. Кожин, А.П. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками учеб. для вузов / А. П. Кожин, В.Н. Мезенцев. – М: Транспорт, 1994. – 304 с.

9. Любимов, И.И. Методика формирования рациональной структуры подвижного состава автотранспортного предприятия: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / И.И. Любимов. – Оренбург, 2007. – 122 с.

10. Луканин, В.Н. Имитационное моделирование и принятие решений в задачах автомобильно-дорожного комплекса (Решение некоторых типовых задач планирования и управления): учебное пособие / В.Н. Луканин, О.П. Гуджоян, А.В. Ефремов. – М.: Инфра-М, 2001. – 345 с.

11. Made S.I. Optimization urban freight transportation network by using genetic algorithm / S.I. Made, S. Ade, F.R. Bona, D.D. Raden // Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2015, vol.10, pp. 49-55.

12. Житков, В.А. Методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок / В.А. Житков, К.В. Ким. – М.: Транспорт, 1982. –184 с.

13. Вельможин, А.В. Технология, организация и управление грузовыми автомобильными перевозками : учеб. для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л. Б. Миротин; Волгоград. гос. техн. ун-т. – 2-е изд., доп. – Волгоград : Политехник, 2000. – 301 с.

14. Лукинский, В.С. Логистика автомобильного транспорта: концепция, методы, модели / В.С. Лукинский, В.И. Бережной, Е.В. Бережная, И.А. Цвириных. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 280 с.

THE APPLICATION OF THE OPTIMIZATION TASKS IN THE ANNUAL WORK PLANNING OF A FREIGHT MOTOR TRANSPORT ENTERPRISE

L.S. Trofimova, V.V. Anokhin

Abstract. The article presents the results of the analysis, which allowed to establish that previous studies the use of optimization problems was the way forward but on the operational planning of rolling stock and long-term planning of development of production and technical bases and repair, transport powerfully-stay accommodation. As a performance criterion, typically used costs rather than profit from the conditions of contracts. Previously performance criteria to be determined were Offered individually for commercial and technical exploitation, rather than for enterprises in General.

Keywords: Planning, transportation company, commercial, operational maintenance, maintenance, rolling stock.

References

1. Anokhin V.V., Trofimova L.S. [The influence of the location of freight-generating and

prosopagnosia points on technology of transport processes]. *Avtomobil'nyj transport segodnja: problemy i perspektivy: sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferencii (7–9 october)*, Voronezh, 2015, pp. 249–252.

2. Trofimova L.S., Anokhin V.V. Analysis of the application of theoretical principles of road freight transport to describe the functioning of trucking companies in the current mode [The analysis of application of theoretical provisions of freight motor transportations for the description of functioning of the motor transportation entities in the current mode]. Omsk, *Vestnik SibADI*, 2015, no 1 (41). pp. 36-42.

3. *Grazhdanskiy kodeks Rossiiskoi Federatsii* [Civil code of the Russian Federation]. Moscow, EKSMO, 2015. 688 p.

4. Mochalin S.M. The mathematical model describing the process of delivery in the direct supply chain [Mathematical model of the description of process of cargo delivery in direct supply chains]. *Vestnik SibADI*, 2014, №4 (38). pp. 21-29.

5. Kuznetsov E.S. *Proizvodstvennaia baza avtomobilnogo transporta: sostoyanie i perspective* [Production base of a road transport: condition and prospects]. Moscow, Transport, 1988. 231 p.

6. Troitskaya N.A. *Perevozka krupnogabaritnih tyazhelovesnih грузов avtomobilnim transportom* [Transportation of bulky heavy loads by a road transport]. Moscow, Transport, 1992. – 157 p.

7. Geronimus B.L. *Ekonomiko-matematicheskie metodi v planirovanii na avtomobilnom transporte* [Economic-mathematical methods in planning on a road transport]. Moscow, Transport, 1982. – 192 p.

8. Kozhin A.P., Mezentsev V.N. *Matematicheskie metodi v planirovanii i upravlenii грузовыми avtomobilnimi perevozkami* [Mathematical methods in planning and management of freight motor transportations of studies. for higher education institutions]. Moscow, Transport, 1994. 304 p.

9. Lubimov I.I. *Metodika formirovania ratzhionalnoi structuri podvizhnogo sostava avtotransportnogo predpriatia, dis. kand. tech. science* [Metodika of forming of rational structure of railway vehicles of the motor transportation entity]. Orenburg, 2007. 122 p.

10. Lukanin V.N., Gudzhoyan O.P., Efremov A.V. *Imitatsionnoe modelirovanie i prinyatie reshenii v zadachah avtomobilno-dorozhnogo kompleksa* [Imitating modeling and decision making in tasks of an automobile and road complex (The solution of some standard tasks of planning and management): education guidance]. Moscow, Infra-M, 2001. 345 p.

11. Made S. I., Ade S., Bona F. R., Raden D. D. Optimization urban freight transportation network by using genetic algorithm, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2015, vol.10, pp. 49-55.

12. Zhitkov V.A., Kim K.V. *Metodi operativnogo planirovania грузовых avtomobilnyh perevozk* [Methods of operational planning of freight automobile transportation]. Moscow, Transport, 1982. 184 p.

13. Velmozhin A.V., Gudkov V.A., Mirotn L.B. *Technologia, organizatsia i upravlenie gruzovimi avtomobilnymi perevozkami* [Tekhnologiya, organization and steering of freight automobile transportation: studies. for higher education institutions]. Volgograd, Politechnik, 2000. 301 p.

14. Lukinskii V.S., Berezhnaya V.I., Berezhnaya E.V., Tsvirinko I.A. *Logistika avtomobilnogo transporta: konseptsia, metody, modeli* [Logistika of the motor transport: concept, methods, models]. Moscow, Finansi i statistika, 2002. 280 p.

Трофимова Людмила Семеновна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры Организация перевозок и управление на транспорте ФГБОУ ВО «СибАДИ» (Россия, 644080, Омск-80, пр. Мира, 5, e-mail: trofimova_ls@mail.ru).

Анохин Вадим Валентинович (Россия, г. Омск) – аспирант кафедры Организация перевозок и управление на транспорте ФГБОУ ВО «СибАДИ» (Россия, 644080, Омск-80, пр. Мира, 5, e-mail: ad35@mail.ru).

Trofimova Ludmila Semenovna (Russian Federation, Omsk) – candidate technical sciences, Ass. Professor Department of Organization of transportation and management on transport, Siberian State Automobile and Highway Academy «SibADI» (644080, Omsk-80, pr. Mira, 5, e-mail: trofimova_ls@mail.ru).

Anokhin Vadim Valentinovich (Russian Federation Omsk) – postgraduate student of Department of Organization of transportation and management on transport, Siberian State Automobile and Highway Academy «SibADI» (644080, Omsk-80, pr. Mira, 5, e-mail: ad35@mail.ru).

РАЗДЕЛ III

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 625.73

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ УЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАСЧЕТАХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ПРОЧНОСТЬ

А.Ю. Баженова, А.В. Смирнов
ФГБОУ ВО СибАДИ, Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье рассмотрены предпосылки к единому методу расчета конструкций дорожных одежд автомобильных дорог на прочность при возбуждении в них динамических процессов от подвижной транспортной нагрузки. Показана необходимость учета этих процессов в расчетах дорожных одежд по десяти параметрам и показателям. Это обстоятельство усложняет динамический расчет по параметрам и показателям, однако привносит в него высокую степень достоверности развития динамического процесса в каждом слое многослойной конструкции дорожной одежды. Достоверность достигается расчетом параметров и показателей во времени с шагом от 0,1 до 0,001 с времени действия нагрузки.

Ключевые слова: жесткость битума, вязкость, динамический прогиб дорожной одежды, скорость и ускорения колебаний, частота.

Введение

Динамические процессы представляют собой быстро меняющиеся во времени поля напряжений и деформаций при кратковременном или ударном нагружении слоистой конструкции дорожной одежды проезжей части автомобильных дорог подвижной вертикальной нагрузкой от транспортных средств.

Проявление динамических процессов сопровождается формированием продольной волны сжимающих напряжений, проникающей во все слои дорожной одежды с постепенным затуханием и порождающей поперечные волны расширения (сдвига). Эти волны порождают вертикальные и горизонтальные перемещения в слоях дорожной одежды и на поверхности проявляются в нестационарном колебательном процессе [1].

Впервые актуальность проблемы учета динамических процессов, возникающих в дорогах от подвижной вертикальной нагрузки, была установлена Ю.М. Яковлевым [1] и А.В. Смирновым [2] путем экспериментальной регистрации колебаний конструкций дорожной одежды при действии ударных и подвижных нагрузок.

Ю.М. Яковлевым показано, что, при скорости движения подвижных нагрузок более 55 км/ч и времени ударного нагружения

нежестких дорожных одежд 0,022 с и менее, дорожная одежда становится упругой.

А.В. Смирновым установлен упругий колебательный волнообразный процесс в конструкциях дорожных одежд при воздействии подвижной нагрузки от транспортных средств при скорости 40 км/ч и более. Неоднократно экспериментально подтверждали упругий характер работы слоистых асфальтобетонных и цементобетонных покрытий М. Slachta [3], Günther Baum [4], L.W. Ewers [5], Dr. H. Just [6] при воздействии ударных и подвижных нагрузок.

Предпосылки к учету динамических процессов

Наиболее распространенные в РФ асфальтобетонные покрытия и основания дорог склонны проявлять упруго-вязкие свойства, в зависимости от температуры битумных пленок в асфальтобетоне и времени их нагружения. Фундаментальность этих свойств показана исследованиями Ван дер Поля [7].

Позднее Б.С. Радовский и Б.Б. Телтаев оценили роль вязкости и упругости в общей деформативности асфальтовых бетонов, а Приварников А.К. и Радовский Б.С. [8] создали схему расчета вязко-упругого многослойного основания при действии подвижной нагрузки.

Типичная зависимость упругих и вязких свойств асфальтобетона приведена на рисунке 1 при температуре 15° С. При малом времени действия постоянных напряжений и $t \rightarrow 0$ модуль жесткости обращается в мгновенный модуль упругости. При $t \rightarrow \infty$, то есть с увеличением времени действия напряжений, возрастает вклад вязкого (ньютоновского) течения в деформацию и модуль упругости существенно уменьшается. Область, ограниченная кривой рисунка 1 и двумя касательными к ней (пунктирные линии) есть область комплексного модуля упругости. Все точки на горизонтальной касательной и выше ее – это значения мгновенного модуля упругости. Испытания асфальтобетонов при времени действия напряжений до 0,02 с, выполненные Р. Герике [9] на пульсаторе на асфальтобетонных балочках, Р. Pilz [9] для

трех типов асфальтобетонов, а также Ю.М. Яковлевым [1] ударной нагрузкой, показали, что результаты определения модуля упругости располагаются на горизонтальной касательной (см. рис. 1) и относятся к мгновенным, без существенного влияния вязкости асфальтовых бетонов. Таким образом, учет динамических процессов вполне корректно производить, рассматривая слоистую среду как упругую.

Дополнительным убедительным доказательством работы дорожных одежд нежесткого типа как упругих слоистых систем при действии динамических нагрузок являются исследования Е.В. Угловой и А.Н. Тиратуряна [10], показавшие исключительно упругий динамический прогиб на поверхности асфальтобетонных покрытий в 2 раза меньший прогиба от статического действия нагрузки.

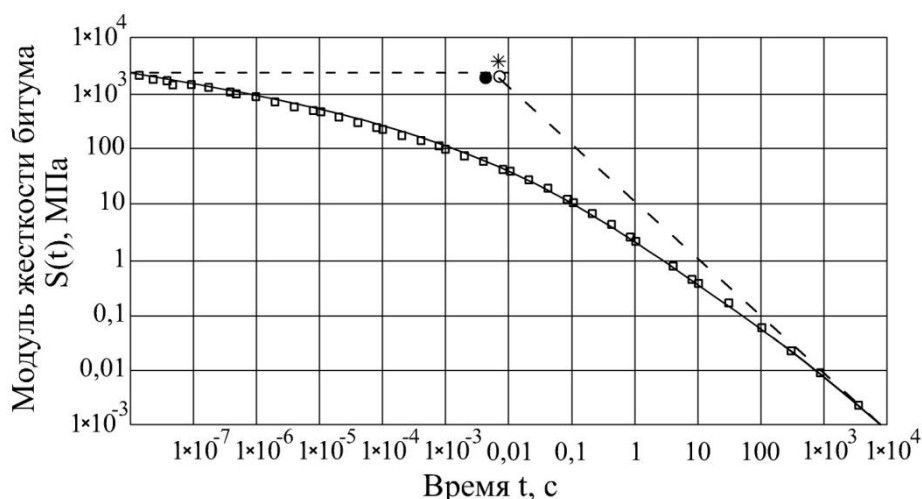


Рис. 1. Типичная зависимость модуля жесткости вязкого битума от времени при постоянной температуре: точки – данные Ван дер Поля; штриховыми линиями показаны горизонтальная (упругая) и наклонная (вязкая) асимптоты кривой
○ – по Ю.М. Яковлеву; * – по Р. Герике (песч. а/бетон);
● – Р. Pilz (асф. бетоны)

Современный аппарат по расчету дорожных одежд на прочность при воздействии на них статических (неподвижных) вертикальных нагрузок основан на теории упругости [11]. Этот аппарат не позволяет в полной мере учесть динамические процессы, возникающие в конструкциях от воздействия подвижных нагрузок.

Проблема учета динамических процессов в слоистых конструкциях дорожных одежд при их расчетах на прочность усугубляется недостаточным значением фактических модулей упругости слоев, существенно отличающихся от нормативных, что ведет в

расчетах к явному занижению толщин слоев конструкций. Получаются эти расхождения из-за определения модулей деформаций по различным методикам и закрепленных в так называемых «нормативных методах» [11]. Доля истинно-упругих свойств дорожно-строительных материалов (модуль упругости E_u) в их деформативности существенно меньше «нормируемых» модулей деформаций. Поэтому вопрос правильного назначения в расчетах дорожных одежд модулей упругости есть часть проблемы учета динамических процессов, возбуждаемых в них подвижными нагрузками.

Между тем, динамические процессы характеризуются рядом показателей и параметров колебаний [12]. Применительно к плоским слоистым упругим конструкциям дорожных одежд этот ряд состоит из:

- 1) динамического прогиба поверхности – $U_{дин}$;
- 2) динамического прогиба слоя – $U_{дин,j}$;
- 3) напряжений вертикального сжатия слоя –

$$\sigma_{дин,j}^{сж};$$

- 4) импульса напряжений сжатия –

$$J_m = \int_0^t \sigma_{дин,j}^{сж} \cdot dt;$$

- 5) импульса внешней удельной нагрузки –

$$J_m = \int_0^{T_0} q \cdot dt;$$

- 6) скорости вертикальных колебаний

конструкции и слоев – $\frac{dU_{дин}}{dt}, \frac{dU_{дин,j}}{dt}$;

- 7) ускорение вертикальных колебаний –

$$\frac{d^2 U_{дин}}{dt^2};$$

- 8) частоты вертикальных колебаний – ν ;

- 9) динамических напряжений растяжения-

сжатия в слоях – $\sigma_{дин,j}^r = \frac{E \cdot h}{2R} \sqrt{2}$;

- 10) параметра затухания колебаний

(декремента) – $D = \frac{\ln \frac{U_i}{U_{дин}}}{t}$.

Исходными предпосылками к характеристике динамических колебательных процессов в конструкциях дорожных одежд рядом показателей и параметров являются работы в области строительной механики пластин и плит, выполненные Блохом М.В. [13], Бляхманом Р.И. [14], Крицуком З.А. [15], Муравским Г.Б. [16], Найвельтом В.В. [17], Николаенко Н.А. [18, 19] и др.

Описанию ударных волн в упругих средах, закономерностей распространения и затухания сейсмических колебаний, а также отражения и преломления от границ раздела посвящены работы Броберка К.Б. [20], Гуревича Г.И. [21, 22], Зволинского Н.В. [23, 24, 25] и Огурцова К.И. [26]. Поверхностные волны при соударении упругих тел показаны в работах Кильчевского Н.А. [27]. Общая теория устойчивости и колебаний упругих систем изложена в работах Пановко Я.Г. [28] и Филиппова А.П. [29].

Извлечения из перечисленных работ полезных и достоверных результатов для получения десяти параметров и показателей динамических процессов в многослойных конструкциях дорожных одежд не представляется возможным по следующим причинам:

1. Работы [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20] дают возможность определить только первую и вторую характеристики динамического процесса и только для двухслойной дорожной конструкции.

2. Модели деформирования нижнего слоя двухслойной конструкции приняты как модели «местных» деформаций (коэффициент Постели) и реже как упругое полупространство.

3. В дифференциальных уравнениях колебаний двухслойной среды вышеперечисленных работ по-разному учитывается вязкость и инерционность двух соседних слоев.

Вместе с этим из работ в области геофизики [21, 22, 23, 24, 25, 26] следуют полезные рекомендации по распространению, отражению, преломлению и затуханию волн напряжений.

Выводы

Таким образом, из изложенного следует необходимость создания теории динамического напряженно-деформированного состояния слоистых дорожных конструкций при воздействии на них подвижных нагрузок. Из нее следуют практические рекомендации по учету динамических процессов в конструкциях дорожной одежды автомобильных дорог. Практически разработка теории динамического деформирования дорожных конструкций начата трудами Е.В. Угловой в РГСУ, Смирнова А.В. [30], Осинской В.В. [31] в МГТУ-МАДИ. Работают в этом направлении Колмогоров Г.Л. с учениками в Пермском национальном исследовательском политехническом университете [32, 33].

Авторами рассмотрен процесс свободных затухающих колебаний, возникающих в дорожной одежде от движущихся транспортных средств. Для описания свойств материалов использована вязкоупругая модель Фойгта. С помощью метода конечных разностей построены рекуррентные определяющие соотношения. Представлена графическая информация по результатам вычислительного эксперимента. Показано влияние физико-механических свойств материалов на характеристики колебательного процесса.

Проблема учета динамических процессов в расчетах дорожных одежд автомобильных дорог на прочность распространяется на автомагистрали и скоростные дороги (дороги I а, б категорий), затяжные перегоны II и III категорий при скоростях движения транспортных потоков 100, 80 и 60 км/ч. Нет оснований для подобного учета на дорогах IV и V категорий без капитальных дорожных конструкций, а также на городских дорогах при скоростях 40 км/ч, в местах остановок, стоянок и регулируемых перекрестках улиц.

Итак, проблема учета динамических процессов в расчетах дорожных одежд автомобильных дорог на прочность сводится к применению динамических задач многослойной среды, изложенных в [34], и количественно оценивается величиной коэффициента прочности. Для обеспечения заданной надежности (обеспеченности по прочности) коэффициент прочности проектируемой конструкции по каждому из расчетных критериев не должен быть ниже минимального требуемого значения.

Библиографический список

1. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд / под ред. Н.Н. Иванова. – М.: Транспорт, 1973. – 328 с.
2. Смирнов, А.В. Экспериментальное исследование волн колебаний дорожных покрытий при движении автомобиля / А.В. Смирнов, А.Г. Малофеев // Прикладная механика / Академия наук УССР. – 1973. – Т. IX, вып. 1. – С. 129-134.
3. Slachta M. La dynamique des chaussées en beton de ciment / M. Slachta // Bull, lieis, Lab. ponts et chaussées» (ex «Bull. liaus. Lab, rout, ponts et chaussées»). – 1971. – N 50.
4. Günther Baum (dr. rer. nat.) Zur Formänderungsanalyse der Straßenbefestigungen: Ein Beitrag zur dynamischen Beanspruchung der Tragschichtenunterlage ein Beziehung zur Informationsinhalt des dynamischen Tragwertes E_{vd} / Günther Baum // Straße und Autobahn. – 1970. – N 7.
5. Ewers, L. W. Die Messung des Verhaltens von Asphaltstraßen unter rollendem Verkehr / L.W. Ewers, A. G Lucas, P. Sommer // Strasse und Autobahn. - 1966. - N 7 (17). – S. 248-255.
6. Iust, H. (dr.) Ergebnisse von dynamischen Messungen an vorhandenen Straßenbefestigungen / H. Iust, K. Hammerschmidt (ing.) // Die Straße. – 1968. – N 10. – S. 505-510.
7. Радовский, Б.С. Вязкоупругие характеристики битума и их оценка по стандартным показателям / Б.С. Радовский, Б.Б. Телтаев. – Алматы: Білім баспасы, 2013. – 152 с.
8. Приварников, А.К. Действие подвижной нагрузки на вязко-упругое многослойное основание / А.К. Приварников, Б.С. Радовский // Прикладная механика. – 1981. – Т.17, № 6. – С. 45-52.
9. Смирнов, А.В. Динамика дорожных одежд автомобильных дорог / А.В. Смирнов. – Омск: Запсибиздат, 1975. – 182 с.
10. Углова, Е.В. Оценка прочности нежестких дорожных одежд [Электронный ресурс] / Е.В. Углова, А.Н. Тиратуриян // Дорожная держава. – 2014. – № 57 – Режим доступа: <http://www.dorvest.ru/dd/archiv/item/57-2014>. (дата обращения – 27.05.2016).
11. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд (взамен ВСН 46-83). – М.: Союздорнии. – 2001. – 93 с.
12. Справочник по динамике сооружений / под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. – М.: Стройиздат, 1972. – 511 с.
13. Блох, М.В. Неустановившиеся колебания бесконечной пластинки на упругом инерционном полупространстве / М. В. Блох // Исследования по теории сооружений: сб. статей. – М.: Стройиздат, 1968. – Вып. XVI. – С. 134-141.
14. Бляхман, Р.И. О колебаниях бесконечной пластинки, лежащей на упругом полупространстве, под действием движущейся нагрузки в условиях плоской задачи / Р.И. Бляхман // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1967. – № 2. – С. 43-46.
15. Крицук, З.А. Колебания плиты, лежащей на упругом с последствием основании, с учетом массы подвижной нагрузки / З.А. Крицук // Теория оболочек и пластин: Труды IV Всесоюз. конф. по теории оболочек и пластин. Ереван, 24-31 окт. 1962 г. / Акад. наук Арм. ССР, Ин-т математики и механики; [Отв. ред. С.М. Дургарьян]. – Ереван, 1964. – С. 180-187.
16. Муравский, Т.Б. Неустановившиеся колебания бесконечной плиты, лежащей на упругом основании, при действии подвижной нагрузки / Т.Б. Муравский // Труды МНИТ. – М., 1964. – Вып. 193. – С. 166-171.
17. Найвельт, В.В. Действие подвижной нагрузки на бесконечную плиту, лежащую на упругом основании / В.В. Найвельт // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1967. – № 5. – С. 161-169.
18. Николаенко, Н.А. Удар по пластинке, лежащей на упругом основании // Исследования по динамике сооружений / Н.А. Николаенко: сб. / ЦНИИСК. – М.: Госстройиздат, 1961. – Вып. 1. – С. 27-38.
19. Николаенко, Н.А. Колебания неограниченной плиты, лежащей на упругом полупространстве и упругом слое / Н.А. Николаенко // Вопросы расчета плит на упругом основании: сб. – М.: Госстройиздат, 1958. – С. 63-120.
20. Броберг, К.Б. Ударные волны в упругой и упругопластической среде / К.Б. Броберг. – М.: Мир. – 1959. – 115 с.
21. Гуревич, Г.И. Об основной закономерности распространения и затухания сейсмических колебаний / Г.И. Гуревич // Вопросы динамической теории распространения сейсмических волн. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1962. – Т. 6. – С. 124-146.

22. Гуревич, Г.И. Об основной закономерности распространения и затухания сейсмических колебаний / Г.И. Гуревич // Вопросы динамической теории распространения сейсмических волн. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. – Т. 7. – С. 36-60.

23. Зволинский, Н.В. Отражение и преломление плоской пластической волны при наличии граничной плоскости / Н.В. Зволинский // Прикладная математика и механика. – 1967. – Т. 31. – С. 848-860.

24. Зволинский, Н.В. Отражение плоской пластической волны и преломление ее на границе двух полупространств / Н.В. Зволинский, Г.В. Рыков // Прикладная математика и механика. – 1965. – Т. 29. – С. 672-680.

25. Зволинский, Н.В. Распространение осесимметричной упругой волны в толстой плите / Н.В. Зволинский // Вестник трудов военно-инженерной академии. – 1959. – Вып. 144. – С.182.

26. Огурцов, К.И. Оценка интенсивностей сейсмических волн, отразившихся от очень слабых границ раздела / К.И. Огурцов // Известия АН СССР. Серия геофизическая. – 1960. – № 10. – С. 1426-1431.

27. Кильчевский, Н.А. О поверхностных волнах, возникающих при соударении упругих тел / Н.А. Кильчевский, Д.И. Ильчишина // Прикладная механика. – 1969. – Т. V, вып. 7. – С. 3-7.

28. Пановко, Я.Г. Устойчивость и колебания упругих систем. Современные концепции, парадоксы и ошибки / Я.Г. Пановко, И.И. Губанова. – 4-е изд., перераб. – М.: Наука, 1987. – 352 с.

29. Филиппов, А.П. Колебания деформируемых систем / А. П. Филиппов. – 2-е изд. перераб и доп. – М.: Машиностроение, 1970. – 734 с.

30. Смирнов, А.В. Динамическая устойчивость и расчет дорожных конструкций / А.В. Смирнов, С.К. Илиополов, А.С. Александров. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2003. – 188 с.

31. Осиновская, В.А. Моделирование частотного спектра колебаний дорожной конструкции автомобильной дороги / В.А. Осиновская // Вестник МАДИ. – 2013. – № 4 (35). – С.72-77.

32. Колмогоров, Г.Л. Интеллектуализация вибродиагностической лаборатории автомобильных дорог / Г.Л. Колмогоров, В.И. Кычкин, И.А. Есипенко // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 1. – С. 69-77.

33. Колмогоров, Г.Л. Метод конечных разностей в исследовании дорожных одежд при воздействии реальной транспортной нагрузки / Г.Л. Колмогоров, В.И. Кычкин, И.А. Есипенко // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений, – 2014. – № 1. – С. 69-77.

34. Андреева, Е.В. Современные методы проектирования дорожных конструкций автомагистралей на воздействие транспортных потоков: монография / Е.В. Андреева, А.В. Смирнов. – Омск: СибАДИ, 2014. – 136 с.

THE CURRENT STATE OF CONSIDERING DYNAMIC PROCESSES IN CALCULATIONS OF MOTOR ROAD PAVEMENT STRENGTH

A.Y. Bazhenova, A.V. Smirnov

Abstract. Background of a single method for motor road pavement structural strength calculations when dynamic processes are being excited by traffic live load is considered in the article. The necessity of ten parameters and indices to be considered in calculations of pavements is shown. In this case the dynamic analysis becomes more complex but the data on dynamic processes in each layer of a multilayer pavement structure turns to be more adequate. The adequacy is obtained by determining parameters and indices in the process of load application, with the time step being from 0.1 to 0.001 from the beginning of loading.

Keywords: hardness of bitumen, viscosity, dynamic deflection of pavements, speed and acceleration of vibrations, frequency.

References

1. *Konstruirovaniye i raschet nezhestkih dorozhnyh odezhd* [Design and calculation of flexible pavements]. Pod. red. N.N. Ivanova. Moscow, Transport, 1973. 328 p.

2. Smirnov A.V., Malofeev A.G. *Jeksperimental'noye issledovanie voln kolebanij dorozhnyh pokrytij pri dvizhenii avtomobilja* [Experimental analysis of pavement oscillations produced by a moving vehicle]. *Prikladnaja mehanika*. Kiev, 1973. pp. 50-52

3. Slachta M. *La dynamique des chaussees en beton de oiment*, «Bull. lieis, Lab. ponts et chaussées» (ex «Bull. liaus. Lab. rout, ponts et chaussées»), 1971, № 50.

4. Von Dr. rer. nat. Günther Baum. *Zur Formänderungsanalyse der Straßenbefestigungen: Ein Beitrag zur dynamischen Beanspruchung der Tragschichtenunterlage ein Beziehung zur Informationsinhalt des dynamischen Tragwertes Evd. Straße und Autobahn 7/1970.*

5. Ewers L.W., Lucas A. G., Sommer P. *Die Messung des Verhaltens von Asphaltstraßen unter rollendem Verkehr*. «Strasse und Autobahn», № 7, 1966, 17, 248-255.

6. Dr. H. lust, Ing K. Hammerschmidt. «*Ergebnisse von dynamischen Messungen an vorhandenen Straßenbefestigungen*». *Die Straße* 10, 1968: S. 505-510.

7. Radovskiy, B.S., Teltayev, B.B. *Vjazkouprugie harakteristiki bituma i ih ocenka po standartnym pokazateljam*. [Viscoelastic properties of asphalt and their standard measure estimation]. B.S Radovskiy, B.B. Teltayev. – Almaty, Bilim, 2013. 152 p.

8. Privarnikov A.K., Radovskij B.S. *Dejstvie podvizhnoj nagruzki na vjazko-uprugoe mnogoslojnoe osnovanie* [Live load affects on the viscoelastic multilayer foundation]. *Prikladnaja mehanika*, - Киев. 1981, no 6. pp. 45 – 52.

9. Smirnov A.V. *Dinamika dorozhnyh odezhd avtomobil'nyh dorog* [Dynamics of automobile road pavements]. Omsk: Zap.Sib. Izd-vo, 1975. 182 p.
10. Uglova E.V., Tiraturjan A.N. Ocenka prochnosti nezhestkih dorozhnyh odezhd [Evaluation of flexible road pavements strength]. *Dorozhnaja derzhava*. – 2014. – № 57. Available at: <http://www.dorvest.ru/dd/archiv/item/57-2014>. – accessed : 27.05.2016.
11. ODN 218.046-01. Proektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd [Design of Flexible Road Pavements]. Moscow, Informavtodor, 2001. 145 p.
12. *Spravochnik po dinamike sooruzhenij* [Handbook of structural dynamics]. Pod red. B.G. Koreneva, I.M. Rabinovicha. M., Strojizdat, 1972. 512 p.
13. Bloh M.V. Neustanovivshiesja kolebanija beskonechnoj plastinki na uprugom inercionnom poluprostranstve [Unsteady oscillations of the infinite plate on the elastic inertial half-space]. – Sb. «Issledovaniya po teorii sooruzhenij». Vyp. XVI. Strojizdat. Moscow, 1968. pp. 134-141.
14. Bljahman R.I. O kolebanijah beskonechnoj plastinki, lezhashhej na uprugom poluprostranstve, pod dejstviem dvizhushhejsja nagruzki v uslovijah ploskoj zadachi [About oscillations of the infinite plate on the elastic half-space and under the movable load in the context of the plane problem]. *Izvestija vuzov*, 1967. no 2. p. 43-46.
15. Kricuk 3.A. Kolebanija plity, lezhashhej na uprugom s posledejstviem osnovanii, s uchetom massy podvizhnoj nagruzki [Vibration of the slab being laid on the elastic-hereditary foundation, with the moving load weight taken into account]. *Trudy IV Vsesojuznoj konferencii po teorii obolochek i plastin*. Erevan, 1964. pp. 180-187.
16. Muravskij G.B. Neustanovivshiesja kolebanija beskonechnoj plity, lezhashhej na uprugom osnovanii, pri dejstvii podvizhnoj nagruzki [Unsteady oscillations of the infinite plate on the elastic foundation under the moving load]. *Trudy MIITA*, no 193. Moscow. 1964. pp. 166-171.
17. Najvel't V.V. Dejstvie podvizhnoj nagruzki na beskonechnuju plitu, lezhashhiju na uprugom osnovanii [Moving load effect on the infinite plate on elastic foundation]. *Izvestija vuzov*. № 5, 1967. pp. 161-169.
18. Nikolaenko N.A. Udar po plastinke, lezhashhej na uprugom osnovanii [Load impact on the plate on elastic foundation]. – Sb. *Issledovaniya po dinamike sooruzhenij*. CNIISK. Vyp. 1. Moscow, Gosstrojizdat, 1961. pp. 27-38.
19. Nikolaenko N.A. Kolebanija neogranichennoj plity, lezhashhej na uprugom poluprostranstve i uprugom sloe [Vibrations of an infinite slab on elastic half-space and elastic layer]. Sb. *Voprosy rascheta plit na uprugom osnovanii*. Moscow. Gosstrojizdat, 1968. pp. 63-120.
20. Broberk K.B. Udarnye volny v uprugoj i uprugoplasticheskoj srede [Shock waves in elastic and elastoplastic medium]. Moscow, 1959. 115 p.
21. Gurevich G.I. Ob osnovnoj zakonomernosti rasprostraneniya i zatuhaniya sejsmicheskikh kolebanij [On the main principle of seismic vibrations propagating and damping]. Sb. *Voprosy dinamicheskoi teorii rasprostraneniya sejsmicheskikh voln*. Pod. red. G.I. Petrashenja. Vyp. VI, 1962; Izd. LGU. pp. 124-146.
22. Gurevich G.I. Ob osnovnoj zakonomernosti rasprostraneniya i zatuhaniya sejsmicheskikh kolebanij [On the main principle of seismic vibrations propagating and damping]. Sb. *Voprosy dinamicheskoi teorii rasprostraneniya sejsmicheskikh voln*. Pod. red. G.I. Petrashenja. 1964. Vyp. VII, Izd. LGU. pp. 36-60.
23. Zvolinskij N.V. Otrazhenie i prelomlenie ploskoj plasticheskoj volny pri nalichii granichnoj ploskosti [Plane plastic wave reflection and refraction when there is a boundary plane]. *Prikladnaja matematika i mehanika*. Tom 31, 1967. pp. 848-860.
24. Zvolinskij N.V., Rykov G.V. Otrazhenie ploskoj plasticheskoj volny i prelomlenie ee na granice dvuh poluprostranstv [Plane plastic wave reflection and its refraction at the border of two half-spaces]. *Prikladnaja matematika i mehanika*. Tom 29, 1965. pp. 672-680.
25. Zvolinskij N.V. Rasprostranenie osesimmetrichnoj uprugoj volny v tolstoj plite [Axially symmetrical elastic wave propagation in a thick plate]. *Vestnik trudov Akademii*. Vyp. 144, 1959. p.182.
26. Ogurcov K.I. Ocenka intesivnostej sejsmicheskikh voln, otrazivshijsja ot ochen' slabyh granic razdela [Estimating the intensity of seismic waves reflected from very weak interfaces]. *Izvestija AN SSSR. Serija geofizicheskaja*, №10, 1960. pp. 1426-1431.
27. Kil'chevskij N.A., Il'chishina D.I. O poverhnostnyh volnah, voznikajushhijh pri soudarenii uprugih tel [On the surface waves initiated due to the collision of elastic bodies]. *Prikladnaja mehanika*. Tom V, vyp. 7, 1969. 3-7.
28. Panovko Ja.G., Gubanova I.I. Ustojchivost' i kolebanija uprugih sistem [Elastic system stability and oscillation. Modern concepts, paradoxes and errors.]. *Nauka*, Moscow, 1967. 352 p.
29. Filippov A.P. Kolebanija deformiruemykh sistem [Oscillations of deformable systems]. *Mashinostroenie*, Moscow, 1970. 734 p.
30. Smirnov A.V., Iliopolov S.K., Aleksandrov A.S. *Dinamicheskaja ustojchivost' i raschet dorozhnyh konstrukcij* [Dynamic stability and calculation of road constructions]. Omsk: Izd-vo SibADI, 2003. 188 p.
31. Osinovskaya V. A. Modelirovanie chastotnogo spektra kolebanii dorozhnoi konstruktsii avtomobil'noi dorogi [Modeling the frequency vibration spectrum of the automobile road structure]. *Vestnik MADI*, 2013, no 4 (35). pp.72-77.
32. Kolmogorov G.L., Kychkin V.I., Esipenko I.A. Intellektualizacija vibrodiagnosticheskoi laboratorii avtomobil'nyh dorog [Intellectualization of the vibrodiagnostic road laboratory]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta*. Ohrana okruzhajushhej sredy, transport, bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. 2013, no 1. pp. 69-77.

33. Kolmogorov G.L., Kychkin V.I., Esipenko I.A. Metod konechnyh raznostej v issledovanii dorozhnyh odezhd pri vozdejstvii real'noj transportnoj nagruzki [Method of finite differences in the study of pavements under the actual traffic load]. *Stroitel'naja mehanika inzhenernyh konstrukcij i sooruzhenij*, 2014, no 1. pp. 69-77.

34. Andreeva E.V., Smirnov A.V. *Sovremennye metody proektirovanija dorozhnyh konstrukcij avtomagistralej na vozdejstvie transportnyh potokov* [Modern methods for designing highway structures under the impact of traffic flows]. Omsk, SibADI, 2014. 135 p.

Баженова Алена Юрьевна (Россия, г. Омск) – инженер кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» ФГБОУ ВО СиБАДИ (644080, г. Омск, ул. Мира, 5, e-mail: kaf_sed@sibadi.org).

Смирнов Александр Владимирович (Россия, г. Омск) – Заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» ФГБОУ ВО СиБАДИ (644080, г. Омск, ул. Мира, 5, e-mail: smirnov_av@sibadi.org).

Bazhenova Alyona Yurjevna (Russian Federation, Omsk) – Engineer of the Road Building and Maintenance Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education The Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, pr. Mira 5, e-mail: kaf_sed@sibadi.org).

Smirnov Aleksandr Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – Honored Scientist of the Russian Federation, doctor of technical science, Professor of the Road Building and Maintenance Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education The Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, pr. Mira 5, e-mail: smirnov_av@sibadi.org).

УДК. 625.7/8

УПРАВЛЕНИЕ СТРУКТУРОЙ КОМПЛЕКТОВ МАШИН ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА ПЕРЕХОДЯЩИХ ОБЪЕКТАХ

Т.В. Боброва¹, Р.Ф. Салихов¹, М.Г. Груснев²

¹ФГБОУ ВО «СиБАДИ», Россия, г. Омск.

²«ОМО им. П.И. Баранова» АО «НПЦ газотурбостроения «САЛЮТ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье рассмотрена методика управления составом специализированных комплектов дорожных машин (СДКМ) для производства земляных работ при строительстве дорог значительной протяженности (50 и более км) в сложных природных условиях в течение ряда лет. Распределение объемов работ на переходящем объекте в соответствии с календарным графиком в проекте организации строительства предусматривает прогнозирование наработки задействованных машин, их технико-экономических показателей в каждый год строительства. Предложенные модели обеспечивают рациональную корректировку составов СДКМ и позволяют в соответствии с прогнозируемыми показателями вносить изменения в структуру парка машин в проектах производства работ.

Ключевые слова: комплекты машин, схема управления структурой парка, математическая модель, эксплуатация машин, технико-экономические показатели использования машин.

Введение

Строительство автомобильных дорог в условиях Сибирского региона характеризуется сложными природно-климатическими условиями, неравномерным распределением объемов и видов земляных работ по длине дороги, значительной продолжительностью строительства (в течение нескольких лет при строительстве крупных магистралей), применением типовых и уникальных технологий.

Выполнение дорожно-строительных работ, как правило, начинается силами подрядных организаций с уже сформированными парками техники. Учитывая особенности объектов, машинные парк приспособливают к меняющимся условиям строительства. Изменение структуры парка часто обусловлено разновозрастным и нерегулярно обновляемым составом парка средств механизации, эксплуатацией машин с превышенным сроком службы,

необходимостью приобретения новой и высокопроизводительной техники за счет разных источников финансирования [1, 2, 3].

Земляное полотно является элементом дорожной конструкции, в значительной степени определяющим эксплуатационное качество всей автомобильной дороги. При всей неоднородности земляных работ на переходящих объектах строительства в сложных природных условиях, в том числе в условиях криолитозоны, можно выделить участки с относительно однородными условиями природной среды, на которых применяют однотипные групповые решения конструкций земляного полотна. Эта особенность позволяет формировать специализированные дорожные комплекты машин (СДКМ), наиболее соответствующие технологическим и грунтовым условиям линейных участков [4, 5].

Скорость и качество возведения земляного полотна в значительной мере зависит от правильно подобранных СДКМ. При формировании СДКМ необходимо учитывать:

- наличие, количество, характеристики участков с относительно однородными природными условиями и конструктивными решениями земляного полотна;
- выбираемую форму эксплуатации техники и ее сервисное обслуживание в труднодоступных районах;
- инновационные технические и технологические решения, принимаемые по согласованию с проектной организацией в ходе производства работ;
- изменение темпов работ из-за непредвиденных обстоятельств природного и технического характера.

Для дорожных объектов, продолжительность строительства которых составляет несколько лет, в проектах организации строительства закладывают усредненные технико-экономические показатели (ТЭП) комплектов машин и средств механизации, такие как: эксплуатационная производительность, годовой фонд времени, стоимость машино-

часа, количество проводимых технических обслуживаний и ремонтов (ТО и Р) и другие. При этом не учитываются вероятностные параметры производства и реальные характеристики машин подрядных организаций.

Такой подход снижает точность расчетов составов СДКМ на перспективный срок.

Проведенный анализ научных работ, посвященных проблеме формирования СДКМ, развитию и модернизации парков машин в меняющихся условиях строительства переходящих объектов, также позволяет говорить об актуальности исследования [1, 2, 6, 7, 8, 9].

Имитационное моделирование составов СДКМ при проектировании производства работ на переходящих объектах.

Процесс формирования комплектов машин на перспективный срок должен обеспечивать взаимосвязь между несколькими составляющими:

- 1) согласованность технического проекта организации строительства с ежегодными проектами производства работ;
- 2) оптимальное сочетание затрат на эксплуатацию комплектов машин с их максимальной возможной производительностью;
- 3) ежегодный мониторинг изменения ТЭП техники, продолжительности и стоимости проведения ТО и Р, внесение корректировок в расчеты по определению темпов строительства;
- 4) технико-экономическое обоснование эксплуатации каждой единицы техники в соответствии с ее загруженностью на протяжении всего периода строительства;
- 5) эффективное управление возрастной структурой парка техники.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема управления структурой парка машин, позволяющая связать все эти составляющие в единый процесс для повышения эффективности использования техники и выполнения работ в установленные сроки.

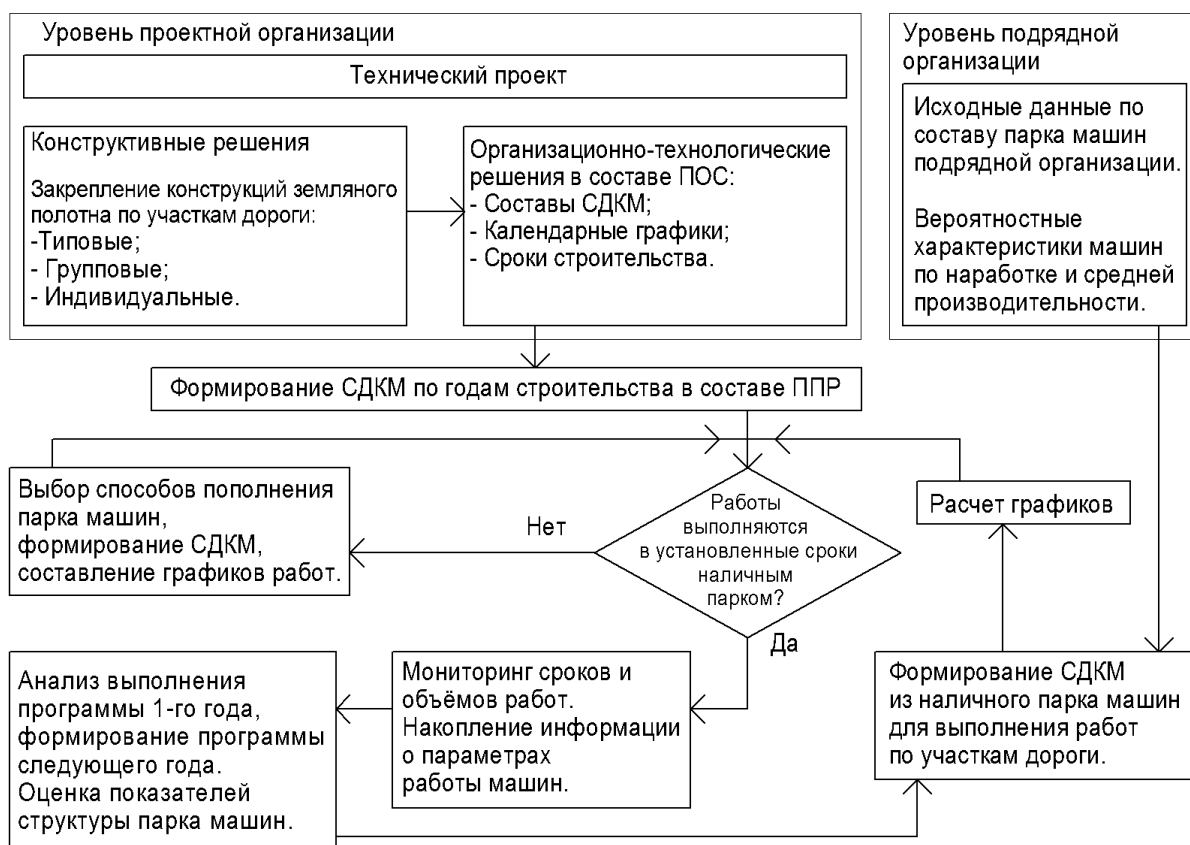


Рис. 1. Принципиальная схема управления структурой парка машин при строительстве земляного полотна на переходящих объектах

Выделение однородных по условиям производства земляных работ участков на всем протяжении дороги позволяет заранее определить требуемые комплекты машин, их количество и характеристики, технические параметры каждого СДКМ. Прогнозирование изменений ТЭП техники по каждому году дает возможность предупредить снижение темпов строительства, путем своевременной корректировки составов отрядов с заменой устаревшей техники новой более эффективной [2, 7].

Для сравнения уровня затрат между различными по составу СДКМ при выполнении заданного объема работ в требуемые сроки использован критерий: суммарные дисконтированные затраты. Данный критерий позволяет учесть ТЭП эксплуатируемой техники и различные варианты технологических и организационных решений, которые могут меняться в разные периоды строительства и по сезонам года. [10].

Целевая функция представляет собой сумму дисконтированных затрат на

эксплуатацию комплектов машин в рассчитываемом периоде:

$$\sum_{r=1}^R z^r \rightarrow \min, \quad (1)$$

где r – порядковый номер года строительства объекта; R – горизонт расчета.

Сформированные комплекты машин в рамках проекта производства работ (т.е. по годам строительства) должны удовлетворять следующим условиям:

1) выполнение установленного объема p -го вида технологической операции на каждом участке строительства с учетом годовой производительности звеньев однотипных машин в составе СДКМ;

2) выполнение годового объема всех видов работ на каждом из участков строительства с минимальными затратами на эксплуатацию техники.

Годовой объем работ для каждого комплекта машин складывается из суммы ежемесячных объемов на участках однотипного конструктивного решения:

$$V_p^r = \sum_{k=1}^K \sum_{g=1}^G (V_{p1g1}^k + V_{p1g2}^k + \dots + V_{p1gj}^k), \quad (2)$$

где V_{pg}^k – объем p -го вида операции в k -й месяц на g -м участке, ед. изм.; g – порядковый номер участка строительства; k – порядковый месяц в период строительства в r -м расчетном году.

Ограничением при решении задачи является выполнение годового объема p -го вида операции сформированными СДКМ на каждом из участков:

$$V_p^r \leq \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \left(\Pi_{pj}^k \cdot T_{pj}^k \cdot n_{pj}^k + \Pi_{pj}^{npk} \cdot T_{pj}^{npk} \cdot n_{pj}^{npk} + \Pi_{pj}^{лизk} \cdot T_{pj}^{лизk} \cdot n_{pj}^{лизk} + \Pi_{pj}^{арk} \cdot T_{pj}^{арk} \cdot n_{pj}^{арk} \right), \quad (3)$$

где $\Pi_{pj}^k = \Pi_{pj}^k(t)$; $\Pi_{pj}^{npk} = \Pi_{pj}^{npk}(t)$; $\Pi_{pj}^{лизk} = \Pi_{pj}^{лизk}(t)$; $\Pi_{pj}^{арk} = \Pi_{pj}^{арk}(t)$ – функция часовой эксплуатационной производительности в зависимости от наработки t , соответственно имеющейся в подрядной организации, приобретенной за полную стоимость, в финансовый лизинг и арендованной машины j -го номера при выполнении p -го вида операции в k -й месяц,

ед.прод./ маш.-ч; $T_{pj}^k, T_{pj}^{npk}, T_{pj}^{лизk}, T_{pj}^{арk}$ – продолжительность работы в год соответственно имеющейся, приобретенной за полную стоимость, в финансовый лизинг и арендованной при выполнении p -го вида операции в k -й месяц, маш.-ч;

$n_{pj}^k, n_{pj}^{npk}, n_{pj}^{лизk}, n_{pj}^{арk}$ – количество соответственно имеющихся, приобретенных за полную стоимость единиц техники эксплуатируемых по договорам финансового лизинга и арендованных машин j -го номера, для выполнения p -го вида операции в k -й месяц, ед. техн.

Оценка затрат на эксплуатацию техники в g -м году определяется с месячным шагом расчета:

$$Z^r = \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P (Z_{np}^k + Z_{\text{э}}^k + Z_{\text{лиз}}^k + Z_{\text{ар}}^k) \frac{1}{(1 + E_{\text{мес}})^k}, \quad (4)$$

где p – вид технологической операции; Z_{np}^k – затраты на приобретение техники в k -м месяце, руб.; $Z_{\text{э}}^k$ – затраты на эксплуатацию техники из наличного парка машин в k -м месяце, руб.; $Z_{\text{лиз}}^k$ – затраты на эксплуатацию

техники приобретенной в k -м месяце, руб.; $Z_{\text{ар}}^k$ – затраты на эксплуатацию техники по договору аренды или лизинга в k -м месяце, руб.; $E_{\text{мес}}$ – месячная норма дисконта; k – месячный интервал планирования (шаг расчетного периода).

$$Z_{np}^k = \sum_{p=1}^P \left(\sum_{j=1}^J \frac{C_{pj}^{npk}}{P_j} \cdot n_{pj}^{npk} \right), \quad (5)$$

$$Z_{\text{э}}^k = \sum_{p=1}^P \left(\sum_{j=1}^J \frac{C_{pj}^{\text{э}k}}{P_j} \cdot T_{pj}^{\text{э}k} \cdot n_{pj}^{\text{э}k} \right), \quad (6)$$

$$Z_{\text{лиз}}^k = \sum_{p=1}^P \left(\sum_{j=1}^{J_1} \frac{C_{pj}^{\text{лиз}k}}{P_j} \cdot T_{pj}^{\text{лиз}k} \cdot n_{pj}^{\text{лиз}k} \right), \quad (7)$$

$$Z_{\text{ар}}^k = \sum_{p=1}^P \left(\sum_{j=1}^{J_2} \frac{C_{pj}^{\text{ар}k}}{P_j} \cdot T_{pj}^{\text{ар}k} \cdot n_{pj}^{\text{ар}k} + \sum_{j=1}^{J_3} \frac{C_{pj}^{\text{ар}k}}{P_j} \cdot T_{pj}^{\text{ар}k} \cdot n_{pj}^{\text{ар}k} \right), \quad (8)$$

где j – порядковый номер машины; C_{pj}^{npk} – стоимость приобретаемой машины j -го номера, выполняющей различные виды операций в k -м месяце, руб.; P_j – количество одновременно выполняемых операций машиной j -го номера; $J, J_1 = J_{\text{пр}}, J_2 = J_{\text{лиз}}, J_3 = J_{\text{ар}}$ – принадлежность машины соответственно к группе наличного парка техники, приобретенных за полную стоимость, в финансовый лизинг, в аренду; $C_{pj}^{\text{э}k} = C_{pj}^{\text{э}k}(t)$, $C_{pj}^{\text{лиз}k} = C_{pj}^{\text{лиз}k}(t)$, $C_{pj}^{\text{ар}k} = C_{pj}^{\text{ар}k}(t)$ – затраты на эксплуатацию соответственно имеющейся машины в парке техники, приобретенной за полную стоимость, в финансовый лизинг, в аренду в зависимости от t , при выполнении различных операций в k -й месяц, руб./маш.-ч.

Введенная переменная P_j позволяет избежать повторного учета затрат на эксплуатацию техники которая может выполнять несколько различных технологических операций. Например, колесный экскаватор может и разрабатывать грунт и засыпать траншею установленным отвалом, соответственно в расчетах будет учитываться одна единица техники, но с разной стоимостью машино-часа в зависимости от выполняемой технологической операции.

Целесообразность выбора формы эксплуатации каждой единицы техники (приобретение, лизинг или аренда) входящей

в состав СДКМ будет определяться соотношением между суммарными затратами на ее эксплуатацию при строительстве земляного полотна и суммой ежегодных объемов работ по определенному виду технологической операции на участках строительства земляного полотна.

Затраты на эксплуатацию техник, состоящей на балансе подрядной организации, рассчитываются для каждого месяца с учетом влияния наработки:

$$C_{\substack{k \\ \substack{3 \\ pj}}}^k(t) = A_j^k + P_{em}^k(t) + B_j^k + 3_j^k + \text{Эн}_j^k(t) + C_{см}^k + \Gamma_j^k + C_j^{пб\ k}, \quad (9)$$

где $A_j^k, P_{em}^k(t), B_j^k, 3_j^k, \text{Эн}_j^k(t), C_{см}^k, \Gamma_j^k, C_j^{пб\ k}$ – принятые для каждой машины ежегодно устанавливаемые значения отчислений на амортизацию; затраты на ремонт, ТО и диагностику в зависимости от наработки машины; затраты на замену быстроизнашивающихся деталей; затраты на оплату труда операторов-машинистов; затраты на энергоносители в зависимости от t ; затраты на смазочные материалы; затраты на гидравлическую жидкость; затраты на перебазировку машины (руб./маш.-ч.).

При расчете стоимости машино-часа корректируются затраты на проведение ТО и Р. Изменение этих затрат связано с увеличением суммарной наработки техники, ростом количества и периодичности их проведения. Месячный шаг расчета формулы (1.9) позволяет более корректно учитывать влияние климатических и грунтовых условий объектов строительства на стоимость машино-часа техники.

Расчет затрат на проведение профилактических мероприятий по ТО и Р производится по следующей формуле:

$$P_{em}^k(t) = K_{рб\ j}(t) \cdot f_j^{рсм\ k}(t) \cdot C_{нч}^{рб} + K_{со\ j}(t) \cdot f_j^{рсм\ k}(t) \cdot C_{нч}^{со}, \quad (10)$$

где $K_{рб\ j}(t)$ – коэффициент, учитывающий объем профилактических мероприятий, выполняемых на собственной ремонтной базе с учетом наработки t ; $f_j^{рсм\ k}(t)$ – продолжительность проведения профилактических мероприятий для машины j -го номера в k -й месяц с учетом наработки t , маш.-ч; $C_{нч}^{рб}$ – стоимость нормо-часа на собственной ремонтной базе, руб./ч; $K_{со\ j}(t)$ – коэффициент, учитывающий объем профилактических мероприятий, выполняемых в сервисных организациях, с

учетом наработки t ; $C_{нч}^{со}$ – стоимость нормо-часа в сервисной организации, руб./ч.

Корректирующие коэффициенты призваны учесть обязательное обслуживание в фирменных технических центрах, что связано и с условиями в договорах при продаже техники, и с установкой различных комплектующих импортного производства на технику российских заводов-изготовителей требующих сервисного обслуживания.

Целесообразность эксплуатации каждой единицы техники рассчитывают ежемесячно в течение всего периода строительства объекта:

$$n_{pj}^k = \begin{cases} 0, & \text{если } 3_j^k > [3_{дj}] \text{ и } 3_j^k > 3_j^{ap\ k}; \\ 0, & \text{если } 3_j^{кр} \geq [P_{дj}]; \\ 1, & \text{если } 3_j^k < [3_{дj}] \text{ и } 3_j^k < 3_j^{ap\ k}; \end{cases} \quad (11)$$

где $3_j^{ap\ k}$ – затраты на аренду машины выполняющую аналогичную технологическую операцию в k -й месяц, руб.; $3_j^{кр\ r}$ – затраты на проведение КР машины в r -й год, руб.; $[3_{дj}]$ – допустимый предел затрат на эксплуатацию машины j -го номера в r -й год, руб.; $[P_{дj}]$ – допустимый предел затрат на проведение КР для машины j -го номера, руб. [11].

Данное условие уже на этапе формирования парка машин под заданные объемы строительства позволяет спрогнозировать, в какой месяц машина j -го номера может быть не задействована или подлежит списанию, и какие машины потребуется приобрести или взять в аренду для поддержания заданного темпа строительства.

Возможность своевременного приобретения, лизинга и аренды недостающей техники требует от подрядной организации формирования фонда средств направленного на эти цели:

$$[\Phi]^r = \Phi_{ост}^r + \mathcal{E}^{r-1} \cdot D^r + \sum_{j=1}^J A_j^{r-1} - \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P \left(\sum_{j=1}^J \frac{C_{pj}^{mp\ k-1}}{P_j} \cdot n_{pj}^{mp\ k-1} + \sum_{j=1}^J \frac{C_{pj}^{лнз\ k-1}}{P_j} \cdot n_{pj}^{лнз\ k-1} + \sum_{j=1}^J \frac{C_{pj}^{ар\ k-1}}{P_j} \cdot T_{pj}^{ар\ k-1} \cdot n_{pj}^{ар\ k-1} \right), \quad (12)$$

где $[\Phi]^r$ – фонд средств направленный на приобретение за полную стоимость, в финансовый лизинг и аренду машин в r -й год, руб.; $\Phi_{ост}^r$ – остаточный резерв из фонда

средств направленный на приобретение, лизинг, аренду машин в предыдущем году, руб.; D^r – доля средств из дохода, получаемого при выполнении разных видов строительных работ r -м году; A_j^{r-1} – фонд амортизационных отчислений прошлого года, руб.; $C_{pj}^{пр\ k-1}$, $C_{pj}^{лиз\ k-1}$ – соответственно стоимость приобретенной машины j -го номера и величина лизингового платежа за машину j -го номера в предыдущем расчетном периоде; $C_{pj}^{ар\ k-1}$ – величина платежа за аренду машины j -го номера в предыдущем расчетном периоде, руб./маш.-ч.

При расчете годового фонда времени техники, помимо регламентированных организационных и технологических простоев учитываются скорректированные затраты времени на проведение профилактических мероприятий для обслуживания техники:

$$F_j^r(t) = \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P T_{pj}^k - (f_j^{рем\ k}(t) + f_j^{проч\ k} + f_j^{нб\ k}), \quad (13)$$

где $f_j^{проч\ k}$ – продолжительность простоев, связанных с метеорологическими, технологическими, организационными и т.п. причинами в k -й месяц, маш.-ч; $f_j^{нб\ k}$ – продолжительность перебазирования машины в k -й месяц, маш.-ч.

Заключение

Рассмотрение взаимосвязей между технологическими условиями строительства земляного полотна и ТЭП техники дает возможность более гибко подойти к вопросу формирования СДКМ и парка техники. Ежегодный мониторинг технического состояния средств механизации направлен на прогнозирование изменений их эксплуатационных показателей, что обеспечит своевременную замену техники для выполнения строительных работ в установленные сроки.

Предлагаемая схема управления структурой парка техники и разработанная математическая модель являются достаточно универсальными и применимы ко всему комплексу дорожно-строительных работ с учетом особенностей взаимодействия техники в составе специализированных отрядов. В этом направлении будут продолжены исследования.

Библиографический список

1. Боброва, Т.В. Проектно-ориентированное управление производством работ на региональной сети автомобильных дорог: монография / Т.В. Боброва. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – 334 с.
2. Мальцев, Ю.А. Организационные и экономические аспекты применения мобильных парков машин в дорожном строительстве: монография / Ю.А. Мальцев, А.В. Мясников, А.Н. Горобец. – Балашиха: ВТУ при Спецстрое России, 2009. – 152 с.
3. Строительство путей сообщения на Севере: науч.-практ. издание / С.Я. Луцкий, Т.В. Шепитько, П.М. Токарев, А.Н. Дудников. – М.: ЛАТМЭС, 2009. – 289 с.
4. Боброва, Т.В. Обоснование групповых конструктивных решений земляного полотна на участках автомобильных дорог в условиях криолитозоны / Т.В. Боброва, А.А. Дубенков // Вестник СибАДИ. – 2015. – № 4 (44). – С. 57-64.
5. Боброва, Т.В. Особенности организации мобильных машино-дорожных комплексов при строительстве дорог в условиях криолитозоны / Т.В. Боброва, А.А. Дубенков, И.В. Тытарь // Архитектура, строительство, транспорт: материалы Международной научно-практической конференции (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ») / СибАДИ. – Омск, 2015. – С. 158-163.
6. Перфильев, М.С. Совершенствование методов формирования и модернизации производственных структур дорожно-эксплуатационных организаций: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11 / М.С. Перфильев; науч. рук. Т. В. Боброва; СибАДИ. – Омск, 2004. – 24 с.
7. Иванов, В.Н. Оптимальное планирование функционирования систем производственной, технической эксплуатации и развития парков дорожно-строительных машин: монография / В.Н. Иванов, Р.Ф. Салихов, М.Г. Груснев. – Омск: СибАДИ, 2013. – 196 с.
8. Боброва, Т. В. Модель формирования парка машин региональных дорожно-эксплуатационных организаций / Т. В. Боброва // Автомобильные дороги. – 2011. – № 1. – С. 148-151.
9. Иванов, В.Н. Прогнозирование объемов работ по технологическим процессам для формирования и развития систем машин дорожных организаций с учетом отраслевого спроса / В.Н. Иванов, Л.С. Трофимова, М.О. Погребная // Механизация строительства. – 2013. – № 9 (831). – С. 24-27.
10. Боброва, Т.В. Технико-экономическое обоснование производства дорожно-строительных работ в зимнее время: учеб. пособие / Т.В. Боброва; СибАДИ. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2000. – 83 с.
11. Канторер, С.Е. Методы обоснования эффективности применения машин в строительстве / С.Е. Канторер. – М.: Экономика, 1969. – 325 с.

MANAGEMENT STRUCTURE WITH THE MACHINE UNDER CONSTRUCTION SUBGRADE AT PASSING OBJECTS

T.V. Bobrova, R.F. Salikhov, M.G. Grusnev

Abstract. The article describes the method of management staff of specialized sets of road cars to excavate the construction of roads of considerable length (50 km or more) in a difficult environment for a number of years. The distribution volume of work on the rolling facility in accordance with the calendar in the project construction organization predicts an operating time of machines involved, their technical and economic indicators in each year of construction. The proposed model provides a rational adjustment of sets of machines and compositions in accordance with the predicted performance to make changes in the fleet structure in the production of works projects.

Keywords: sets of machines, park management structure diagram, mathematical model, machinery maintenance, technical and economic indicators of the use of machines.

References

1. Bobrova T.V. *Proektno-orientirovannoe upravlenie proizvodstvom rabot na regional'noj seti avtomobil'nyh dorog* [Project-oriented production management of works on the regional road network] T.V. Bobrova, Omsk, Izd-vo SibADI, 2006, 334 p.
2. Mal'cev Ju.A., Mjasnikov A.V., Gorobec A.N. *Organizacionnyye i jekonomicheskie aspekty primeneniya mobil'nyh parkov mashin v dorozhnom stroitel'stve* [Organizational and economic aspects of mobile parks machines for road construction]. Balashiha, VTU, Specstroj Rossii, 2009, 152 p.
3. *Stroitel'stvo putej soobshhenija na Severe* [The construction of Railways in the North Scientific-practical publication]. Luckij S.Ja., Shepit'ko T.V., Tokarev P.M., Dudnikov A.N. Moscow, LATMES, 2009, 289 p.
4. Bobrova T.V. *Obosnovanie gruppovyh konstruktivnyh reshenij zemljanogo polotna na uchastkah avtomobil'nyh dorog v uslovijah kriolitozony* [Justification of constructive solutions group subgrade on roads in areas under the permafrost zone]. T.V. Bobrova, A.A. Dubenkov, *Vestnik SibADI*, 2015, no 4 (44), pp. 57-64.
5. Bobrova T.V. *Osobennosti organizacii mobil'nyh mashino-dorozhnyh kompleksov pri stroitel'stve dorog v uslovijah kriolitozony* [Specifics of mobile parking road facilities in the construction of roads under the permafrost zone]. T.V. Bobrova, A.A. Dubenkov, I.V. Tytar'. *Sbornik: Arhitektura, stroitel'stvo, transport materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (k 85-letiju FGBOU VPO "SibADI")*, Omsk, 2015, pp. 158-163.
6. Perfil'ev M.S. *Sovershenstvovanie metodov formirovaniya i modernizacii proizvodstvennyh struktur dorozhno-jekspluatacionnyh organizacij* [Improving the methods of formation and modernization of the productive structures of road maintenance

organizations]. autoabstract the dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical sciences: Omsk, 2004, 24 p.

7. *Optimal'noe planirovanie funkcionirovaniya sistem proizvodstvennoj, tehniczeskoj jekspluatacii i razvitiya parkov dorozhno-stroitel'nyh mashin* [Optimal functioning of the production planning, the technical operation of systems and development of road-building machinery parks] V.N. Ivanov, R.F. Salihov, M.G. Grusnev, Omsk, SibADI, 2013, 196 p.

8. Bobrova T.V. *Model' formirovaniya parka mashin regional'nyh dorozhno-jekspluatacionnyh organizacij* [The model of formation of the regional fleet of road maintenance organizations]. T.V. Bobrova. *Avtomobil'nye dorogi*, 2011. no 1, pp. 148-151.

9. Ivanov V.N. *Prognozirovanie ob'emov rabot po tehnologicheskim processam dlja formirovaniya i razvitiya sistem mashin dorozhnyh organizacij s uchetom otraslevogo sprosja* [Estimates of the technological processes for the formation and development of systems of machines road organizations, taking into account industry demand]. V.N. Ivanov, L.S. Trofimova, M.O. Pogrebnaja. *Mehanizacija stroitel'stva*, 2013, no 9 (831), pp. 24-27.

10. *Tehniko-jekonomicheskoe obosnovanie proizvodstva dorozhno-stroitel'nyh rabot v zimnee vremja: Ucheb. posobie* [Feasibility study for the production of road construction in the winter time]. T.V. Bobrova, Omsk, Izd-vo SibADI, 2000, 83 p.

11. Kantorer S.E. *Metody obosnovaniya jeffektivnosti primeneniya mashin v stroitel'stve* [Methods of a substantiation of efficiency of the use of machines in construction]. S.E. Kantorer. Moscow, Jekonomika, 1969, 325 p.

Боброва Татьяна Викторовна (Омск, Россия) – доктор техн. наук, профессор, профессор кафедры «Экономика и проектное управление в транспортном строительстве» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5. e-mail: bobrova.tv@gmail.com).

Салихов Ринат Фокилевич (Омск, Россия) – кандидат техн. наук, доцент, доцент кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5. e-mail: salikhorinat@yandex.ru).

Груснев Михаил Григорьевич (Омск, Россия) – инженер-конструктор филиала «ОМО им. П.И. Баранова» АО «НПЦ газотурбостроения «САЛЮТ» (644021, г. Омск, ул. Б. Хмельницкого, 283. e-mail: gmgrusnev@gmail.com).

Bobrova Tatiana Viktorovna (Omsk, Russian Federation) – doctor technical sciences, Professor, Professor of department «Economics and project management in transport construction» Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI). (644080, 5 Mira prospect, Omsk, e-mail: bobrova.tv@gmail.com).

Salikhov Rinat Fokilevich (Omsk, Russian Federation) – candidate of technical science, docent of department «Operation and service of transport and technological machines and systems in construction» The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, 5 Mira prospect, Omsk, e-mail: salikhorinat@yandex.ru).

Grusnev Mikhail Grigor'evich (Omsk, Russian Federation) – design engineer of equipment «ОМО им. П.И. Баранова» branch of the organization JSC «Gaz-turbine Engineering Research and Production Center «SALUT». (644021, 283 B. Hmel'nickogo st., Omsk, Russian Federation, e-mail: gmgrusnev@gmail.com).

УДК 624.046

ПРИМЕНЕНИЕ СХЕМЫ ГИБКОЙ НИТИ ДЛЯ РАСЧЕТА ПЕРЕКРЫТИЙ ПРИ АВАРИЙНОМ ОТКАЗЕ КОЛОННЫ

Ю.В. Краснощеков, С.О. Мельникова
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск

Аннотация. В статье приведены результаты исследования несущей способности многоэтажного здания со связевым каркасом при аварийном отказе одной из колонн. Рассмотрены два варианта усиления сборных железобетонных перекрытий с целью предотвращения прогрессирующего обрушения. Для статического и динамического расчета усиленного перекрытия применена расчетная схема гибкой нити. Приведены примеры расчета здания на прогрессирующее обрушение.

Ключевые слова: аварийная ситуация, отказ колонны, прогрессирующее обрушение, гибкая нить, динамический эффект.

Введение

При проектировании зданий и сооружений классов КС-3 и КС-2 с массовым нахождением людей нормы рекомендуют выполнять расчет несущих конструкций на прогрессирующее (лавинообразное) обрушение [1]. Причинами прогрессирующего обрушения объектов строительства могут быть аварийные отказы конструктивных элементов при взрывных, ударных или сейсмических воздействиях.

При проектировании каркасных зданий в качестве аварийного воздействия обычно рассматривают отказ одной из колонн. Основное внимание в этом случае уделяют расчету элементов перекрытий, пролеты которых значительно увеличиваются. В зданиях со связевой схемой обеспечения пространственной жесткости балочные элементы перекрытий практически теряют способность работать на изгиб. Поэтому расчетная схема перекрытия над удаленной колонной рассматривается в виде мембраны или гибкой нити (струны).

В работе [2] рассмотрен пример использования подобной модели для исследования живучести здания со связевым каркасом, перекрытия которого усилены канатными затяжками. Результаты приближенного расчета усилий в затяжке и перемещений оказались весьма противоречивыми. Динамический эффект, вызванный внезапным удалением из расчетной схемы колонны, не учитывался.

Целью данного исследования явилось уточнение расчетной методики перекрытий по схеме гибкой нити с учетом динамического эффекта при аварийном воздействии, связанным с отказом колонны.

Определение усилия растяжения и перемещения канатной затяжки

Для статического расчета затяжки воспользуемся решением задачи о натяжении струны [3]. Закрепленная в двух точках струна пролетом $2l$ может иметь начальное натяжение N_0 . При приложении силы F в середине пролета она получает дополнительное натяжение N и перемещается под силой на величину f (рис. 1).

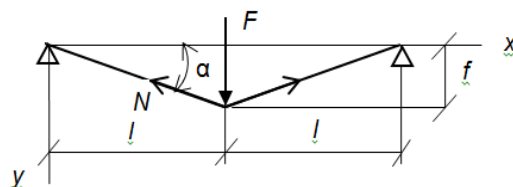


Рис.1. Расчетная схема гибкой нити

Составив сумму проекций сил на ось y , получим с учетом $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha = f/l$

$$F - \frac{2Nf}{\sqrt{f^2 + l^2}} = 0. \quad (1)$$

Удлинение каждой ветви струны с модулем упругости E и площадью сечения A

$$\Delta l = \sqrt{f^2 + l^2} - l = l(N - N_0) / EA. \quad (2)$$

Из условия равенства работ внешней силы на перемещении f и внутренних сил на перемещении Δl получено уравнение

$$Ff = l(N^2 - N_0^2) / EA. \quad (3)$$

Решая совместно уравнения (1) и (3), находим вертикальное перемещение (провес) струны

$$f = l(N^2 - N_0^2) / EAF. \quad (4)$$

Усилие натяжения струны определяется из кубического уравнения

$$4X^3 - (8N_0^2 - F^2)X^2 + 2N_0^2(2N_0^2 + F^2)X - F^2(N_0^4 + F^2E^2A^2) = 0, \quad (5)$$

где $X = N^2$.

Из уравнения (5) получено выражение для определения условного модуля упругости гибкой нити, соответствующего предельному значению $N_u = R_{sn} A$

$$E_u = \sqrt{4N_u^6 - (8N_0^2 - F^2)N_u^4 + 2N_0^2(2N_0^2 + F^2)N_u^2 - F^2N_0^4} / F^2A. \quad (6)$$

По полученному значению E_u по формуле (4) можно уточнить перемещение гибкой нити под силой F .

Используем для примера результаты расчета канатной затяжки, приведенные в работе [1]. При площади сечения $A = 7,05 \text{ см}^2$ и нормативном сопротивлении каната $R_{sn} = 1300 \text{ МПа}$ предельное усилие в канате $N_u = 916,5 \text{ кН}$. С учетом $N_0 = 0$ и $F = 222 \text{ кН}$ по формуле (6) получено $E_u = 44600 \text{ МПа}$. Это значение соответствует коэффициенту пластичности (отношение полного прогиба к упругому) $K_{pl} = 180000/44600 \approx 4 < \bar{K}_{pl}$ (при модуле упругости $E = 180000 \text{ МПа}$). Предельное значение коэффициента пластичности определено по Пособию [4]

$$\bar{K}_{pl} = \bar{\varepsilon}_{s2} E / (R_{sd} + 0,002 E) \approx 4,7, \quad (7)$$

где $\bar{\varepsilon}_{s2} = 0,05$ – предельно допустимое равномерное относительное удлинение; $R_{sd} = 1,2 \cdot 1300 = 1560 \text{ МПа}$ – сопротивление каната при динамическом нагружении.

По формуле (4) при $E = E_u$ определена стрела провеса затяжки $f = 72 \text{ см}$.

Отметим, что применение начального натяжения N_0 каната без увеличения площади сечения практически не влияет на величину стрелы провеса из-за снижения условного модуля упругости. Например, при $N_0 = 300 \text{ кН}$ получено $E_u = 40000 \text{ МПа}$, $K_{pl} = 4,5$ и $f = 72 \text{ см}$. Увеличение начального натяжения до

$N_0 = 500 \text{ кН}$ недопустимо, так как $E_u = 31800 \text{ МПа}$ и $K_{pl} = 5,7 > 4,7$.

Динамический расчет гибкой нити

На необходимость учета динамического эффекта при внезапном отказе элементов конструктивных систем обращают особое внимание, ввиду сложности решения этой задачи [5,6].

Для динамического расчета гибкой нити применена модель, особенности которой описаны в [3]. Расчетная схема затяжки рассматривается в виде нити, один конец которой закреплен, а другой натянут условным противовесом через блок (вертикальный участок нити считается нерастяжимым) (рис. 2). Предполагается, что в результате статического действия нагрузки F соответствующая ей масса M перемещается на расстояние f_0 , а в затяжке возникает усилие N_0 . Вследствие мгновенного приложения массы M происходит колебание нити с перемещениями u , а масса противовеса M_0 , которая создает натяжение N при колебаниях нити, перемещается на величину z .

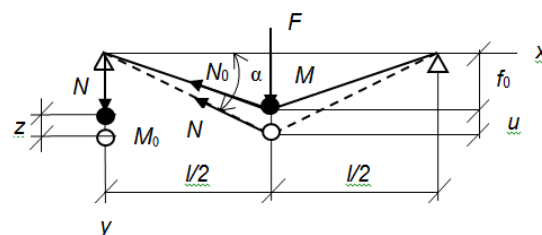


Рис. 2. Расчетная схема нити при динамическом нагружении

Для решения рассматриваемой задачи использованы дифференциальные уравнения движения материальной точки в форме

$$My'' = \sum Y_i, \quad (8)$$

где y'' – ускорение точки в направлении оси y ; Y_i – проекции сил, приложенных к точке, на ось y .

Массы M_0 и M получают путем деления сил N и F на ускорение свободного падения g .

Ввиду малости угла α принимаем $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha = 2f/l$ и уравнения 8 имеют вид

$$N_0 + M_0 z'' = N; \\ F - Mf'' / 4f = N, \quad (9)$$

где $f = f_0 + u$ – стрела провеса при колебаниях.

Зависимость переменных z и f определяется из выражения

$$z = 2 \left(\sqrt{(l/2)^2 + f^2} - \sqrt{(l/2)^2 + f_0^2} \right) - z_1 c, \quad (10)$$

где $Z = N - N_0$ – изменчивая составляющая натяжения нити при колебаниях; $c = EA/l$ – единичная сила упругого растяжения; Z/c – изменчивая составляющая деформации нити.

В формуле (10) выражение в скобках преобразуется путем добавления к подкоренным суммам слагаемых f^4/l^2 и f_0^4/l^2 . Допускаемое равенство добавочных слагаемых определяет степень приближения формулы (10) при преобразовании в более удобный вид

$$z = 2(f^2 - f_0^2) / l - Z / c. \quad (11)$$

Учитывая, что в выражении f составляющая f_0 является постоянной величиной, получим $f'' = u''$. Тогда второе уравнение (9) можно представить в виде

$$Fl^4 - Mu''l^4 = (Z + N_0)(f_0 + u) = Zf_0 + N_0f_0 + Zu + N_0u.$$

Учитывая, что $F/l^4 = N_0f_0$ (рис. 2), и пренебрегая произведением Zu , окончательно получим

$$Z = -Mu'' / l f_0 - N_0u / f_0. \quad (12)$$

Перемещение z представим в виде

$$z = 2(2f_0u - u^2) / l - Zl / c \approx 4f_0u / l - Zl / c = (Ml / 4f_0c)u'' + (4f_0 / l + N_0 / f_0c)u. \quad (13)$$

Подставляя (12) и (13) в первое уравнение (9), получим дифференциальное уравнение

$$u^4 + b_1u'' + b_2u = 0, \quad (14)$$

$$\text{где } b_1 = (N_0 + 4f_0^2c / l)l / M + c / M_0; \\ b_2 = 4N_0c / M + 4f_0 / l.$$

Из решения уравнения (14) в [3] получены выражения для характеристик колебаний: частот

$$\omega_{1,2} = \sqrt{b_1 / 2 \pm \sqrt{b_1^2 / 4 - b_2}}, \quad (15)$$

амплитуды

$$A_1 = k(\omega_2^2 - 4N_0 / M) / (\omega_2^2 - \omega_1^2); \quad (16)$$

расчетных параметров

$$h_1 = Ml / 4f_0c; \quad h_2 = 4f_0 / l + N_0 / f_0c, \quad (17)$$

максимального ускорения

$$z''_{\max} = \pm 2\omega_1^2 A_1 (h_1\omega_1^2 - h_2) \quad (18)$$

и максимального натяжения нити

$$Z_{\max} = M_0 z''_{\max}. \quad (19)$$

Выполним динамический расчет по исходным данным, приведенным выше (при пролете $l = 12$ м и $k = f_0 = 0,72$ м).

Расчетные массы $M = 222/9,8 = 22,6$ кН·сек²/м и $M_0 = 916,5/9,81 = 93,4$ кН·сек²/м.

Единичная сила $c = 44600 \cdot 7,05 / 12 \cdot 10 = 2620$ кН/м.

Коэффициенты уравнения (14): $b_1 = 4(916,5 + 4 \cdot 0,72 \cdot 2620 / 12) / 22,6 \cdot 12 + 2620 / 93,4 = 50,84$ сек²; $b_2 = 4 \cdot 916,5 \cdot 2620 / 22,6 \cdot 93,4 \cdot 12 = 379,12$ сек⁻⁴.

Частоты колебания: $\omega_1 = \sqrt{50,84 / 2 - \sqrt{50,84^2 / 4 - 379,12}} = 3,01$ сек⁻¹;

$\omega_2 = \sqrt{50,84 / 2 + \sqrt{50,84^2 / 4 - 379,12}} = 6,46$ сек⁻¹.

Амплитуда $A_1 = 0,72(6,46^2 - 3,01^2) / (6,46^2 - 3,01^2) = 0,62$ м.

Расчетные параметры $h_1 = 22,6 \cdot 12 / 4 \cdot 0,72 \cdot 2620 = 0,036$ сек²; $h_2 = 4 \cdot 0,72 / 12 + 916,5 / 0,72 \cdot 2620 = 0,726$.

Максимальное ускорение $z''_{\max} = \pm 2 \cdot 3,01^2 \cdot 0,62(0,036 \cdot 3,01^2 - 0,726) = 4,49$ м/сек².

Максимальное приращение натяжения нити при колебаниях $Z_{\max} = 4,49 \cdot 93,4 = 420$ кН. Коэффициент динамичности $k_d = 1 + 420 / 916,5 = 1,46$. Это означает, что необходимо усиление канатных затяжек почти в 1,5 раза.

Вариант усиления перекрытий здания со связевым каркасом

Реализация принципа эффективности при системном подходе связана со множественностью моделей конструктивных систем [7]. Для поиска более эффективного решения перекрытий здания со связевым каркасом разработан вариант усиления с применением арматуры класса А 500. На рисунке 3 показана конструктивная схема сборного железобетонного перекрытия с традиционными элементами. Армирование ригелей рассчитано на эксплуатационную нагрузку. Для обеспечения неразрезности ригелей предусмотрено усиление участков сопряжения их с колоннами арматурой, эквивалентной по прочности и жесткости продольной арматуре ригелей. Положение арматуры усиления по высоте ригелей не имеет значения, поскольку основная цель усиления – обеспечение осевой жесткости и прочности ригельных поясов для работы на растяжение по схеме гибкой нити. Для повышения эффективности усиления аналогичная арматура предусмотрена и по осям межколонных плит.

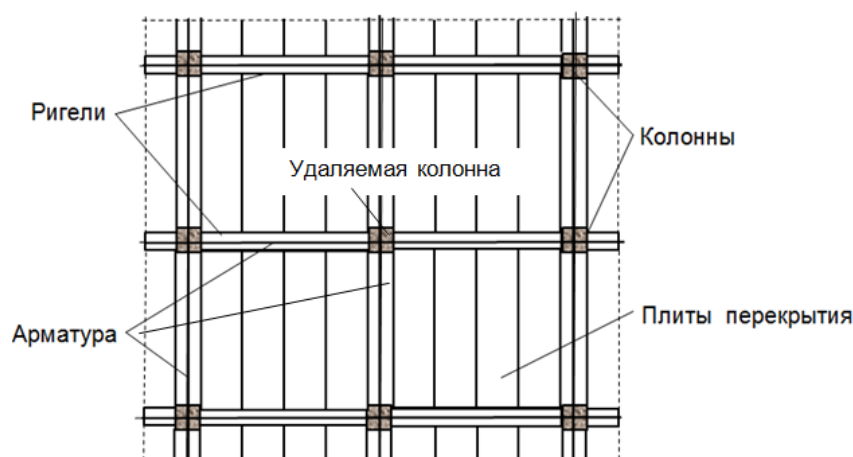


Рис. 3. Конструктивная схема усиленного перекрытия здания со связевым каркасом

Для примера рассмотрим конструкцию перекрытия с сеткой колонн 6×6 м, нагруженного равномерно распределенной расчетной нагрузкой $q = 12 \text{ кН/м}^2$ (нормативное значение длительной части нагрузки $g = 7,5 \text{ кН/м}^2$). В стадии эксплуатации ригели работают по разрезной балочной схеме. Продольная рабочая арматура ригелей $4\text{Ø}25 \text{ А } 500$ имеет площадь сечения $A = 19,625 \text{ см}^2$. Модуль упругости арматуры $E = 200000 \text{ МПа}$, нормативное сопротивление арматуры $R_{sn} = 500 \text{ МПа}$.

При удалении средней колонны возникает аварийная ситуация с увеличением пролета конструкций до $l = 12$ м. Элементы перекрытий даже на действие только длительной части нагрузки теряют способность работать на изгиб, поэтому расчетная схема перекрытия над удаленной колонной рассматривается в виде гибкой нити (струны). Усилие натяжения нити $N_u = 500 \cdot 19,625 \cdot 1,1 = 1079,4 \text{ кН}$ определено с учетом коэффициента динамичности $k_d = 1,1$. Нить длиной $l = 12$ м в каждом из направлений загружена посередине пролета силой $F = 7,5 \cdot 6 \cdot 6/2 = 135 \text{ кН}$.

С учетом $N_0 = 0$ по формуле (6) уточнили значение условного модуля упругости $E_u = 70460 \text{ МПа}$. Это значение соответствует коэффициенту пластичности $K_{pl} = 200000/704600 \approx 2,84 < \bar{k}_{pl} = 10$ [3].

По формуле (4) при $E = E_u$ определена стрела провеса затяжки $f_0 = 6 \cdot 1079,4^2 / 70460 \cdot 19,625 \cdot 135 \cdot 10 = 0,375 \text{ м}$ (здесь согласно рис. 1. принято $l = 6 \text{ м}$).

По полученным данным выполним динамический расчет при $N_0 = 1079,4 \text{ кН}$, $f_0 = 0,375 \text{ м}$.

Расчетные массы $M = 135/9,81 = 13,8 \text{ кН}\cdot\text{сек}^2/\text{м}$ и $M_0 = 1079,4/9,81 = 110 \text{ кН}\cdot\text{сек}^2/\text{м}$.

Единичная сила $s = 70460 \cdot 19,625 / 12 \cdot 10 = 11520 \text{ кН/м}$.

Коэффициенты уравнения (14): $b_1 = 4(1079,4 + 4 \cdot 0,375 \cdot 11520 / 12) / 13,8 \cdot 12 + 11520 / 110 = 165,58 \text{ сек}^2$; $b_2 = 4 \cdot 1079,4 \cdot 11520 / 13,8 \cdot 110 \cdot 12 = 2730,5 \text{ сек}^4$.

Частоты колебания: $\omega_1 = \sqrt{165,58 / 2 - \sqrt{165,58^2 / 4 - 2730,5}} = 4,31 \text{ сек}^{-1}$;

$\omega_2 = \sqrt{165,58 / 2 + \sqrt{165,58^2 / 4 - 2730,5}} = 12,12 \text{ сек}^{-1}$.

Амплитуда $A_1 = 0,375(12,12^2 - 4 \cdot 1079,4 / 13,8 \cdot 12) / (12,12^2 - 4,31^2) = 0,35 \text{ м}$.

Расчетные параметры $h_1 = 13,8 \cdot 12 / 4 \cdot 0,375 \cdot 11520 = 0,0096 \text{ сек}^2$; $h_2 = 4 \cdot 0,375 / 12 + 1079,4 / 0,375 \cdot 11520 = 0,375$.

Максимальное ускорение $z''_{\max} = \pm 2 \cdot 4,31^2 \cdot 0,35(0,0096 \cdot 4,31^2 - 0,375) = 0,59 \text{ м/сек}^2$.

Максимальное приращение натяжения нити при колебаниях $Z_{\max} = 0,59 \cdot 110 = 65,3 \text{ кН}$. Коэффициент динамичности $k_d = 1 + 3/1079,4 = 1,06 < 1,1$. Это означает, что необходимости в дополнительном усилении арматуры нет.

Заключение

Таким образом, при отказе колонн в зданиях со связевым каркасом требуется усиление перекрытий и обеспечение их несущей способности на растяжение по схеме гибкой нити. Мгновенный отказ колонны сопровождается колебанием конструктивных элементов и увеличением усилий в них. Увеличение растягивающих усилий можно определять введением динамического коэффициента. Разработан и апробирован способ расчета динамического

коэффициента с учетом неупругих деформаций арматуры.

Библиографический список

1. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – Введ. 2015-07-01 – М.: Стандартинформ, 2015. – 14 с.
2. Краснощеков, Ю.В. Живучесть многоэтажного здания со связевым каркасом / Ю.В. Краснощеков, С.О.Мельникова, А.А. Екимов // Вестник СибАДИ. – 2016. – №2 (48). – С. 100-104.
3. Рекач, В.Г. Руководство к решению задач прикладной теории упругости / В.Г. Рекач. – М.: Высш. школа, 1973. – 384 с.
4. Армирование элементов монолитных железобетонных зданий: пособие по проектированию. – М.: ФГУП «НИЦ Строительство», 2007. 117 с.
5. Райзер, В.Д. Теория надежности сооружений / В.Д.Райзер. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 384 с.
6. Перельмутер, А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций / А.В. Перельмутер. – М.: Издательство АСВ, 2007. – 256 с.
7. Краснощеков, Ю.В. Научные основы исследований взаимодействия элементов железобетонных конструкций / Ю.В. Краснощеков. – Омск: СибАДИ, 1997. – 276 с.

APPLICATION SCHEME FOR CALCULATION FLEXIBLE STRING OVERLAP FOR CRASH COLUMNS

Yu.V. Krasnoshchekov, S.O. Melnikova

Abstract. The results of the study of multi-storey buildings with a carrying capacity of Svjaseva frame with a crash of one of the columns. Two variants of strengthening of precast concrete slabs in order to prevent progressive collapse. For static and dynamic analysis of reinforced slab design scheme of flexible filaments used. Examples of calculation of the building on the progressive collapse.

Keywords: emergency, failure of the column, progressive collapse, flexible string, dynamic effect.

References

1. State standard 27751-2014. *Nadezhnost' stroitel'nyh konstrukcij i osnovanij. Osnovnye polozheniya* [GOST 27751-2014. Reliability of building

constructions and bases. Basic provisions]. Moscow, Standartinform, 2015. 14 p.

2. Krasnoshchekov YU.V., Mel'nikova S.O., Ekimov A.A. Zhivuchest' Mnogoetazhnogo zdaniya so svyazevym karkasom [Zhivuchest' of the multi-storey building with a svyazevy framework]. *Vestnik SibADI*, 2016, no 2 (48). pp. 100-104.

3. Rekach V. G. *Rukovodstvo k resheniyu zadach prikladnoj teorii uprugosti* [Rukovodstvo to the solution of tasks of the applied theory of elasticity]. Moscow, Vyssh. shkola, 1973. 384 p.

4. *Armirovaniye ehlementov monolitnyh zhelezobetonnyh zdaniy: posobie po proektirovaniyu* [Reinforcing of elements of monolithic steel concrete buildings: benefit on designing]. Moscow, FGUP «NIC Stroitel'stvo», 2007. 117 p.

5. Rajzer V.D. *Teoriya nadezhnosti sooruzhenij* [Theory of reliability of constructions]. Moscow, Izdatel'stvo ASV, 2010. 384 p.

6. Perel'muter A.V. *Izbrannye problemy nadezhnosti i bezopasnosti stroitel'nyh konstrukcij* [Chosen problems of reliability and safety of building constructions]. Moscow, Izdatel'stvo ASV, 2007. 256 p.

7. Krasnoshchekov YU.V. *Nauchnye osnovy issledovaniy vzaimodejstviya ehlementov zhelezobetonnyh konstrukcij* [Scientific bases of researches of interaction of elements of steel concrete designs]. Omsk, SibADI, 1997. 276 p.

Краснощеков Юрий Васильевич (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Строительные конструкции», ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: uv1942@mail.ru).

Мельникова Светлана Олеговна (Россия, г. Омск) – магистрант, ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: svetamelnikova93@yandex.ru).

Krasnoshchekov Yury Vasilyevich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, the associate professor, professor of Building constructions department, The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: uv1942@mail.ru).

Melnikova Svetlana Olegovna (Russian Federation, Omsk) – the undergraduate, The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: svetamelnikova93@yandex.ru).

УДК 691.12

ВЛИЯНИЕ НАНОРАЗМЕРНОГО МОДИФИКАТОРА НА ОСНОВЕ ЗОЛ ГИДРОУДАЛЕНИЯ ОМСКОЙ ТЭЦ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

А.Ф. Косач¹, М.А. Ращупкина², И.Н. Кузнецова²

¹Югорский государственный университет «ЮГУ», Россия, г. Ханты-Мансийск;

²ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье представлено применение наноразмерного модификатора на основе зол гидроудаления Омской ТЭЦ в цементном камне и определены его физико-механические свойства. Исследован цементный камень с использованием нанодисперсной золоцементной смеси в оптимальной пропорции. Обосновано применение активированных зол гидроудаления в качестве ультрадисперсного золоцементного вяжущего для промышленного и гражданского строительства. Представлены физико-механические показатели цементного камня и цементно-песчаного раствора при сухом способе активации ЗШО гидроудаления.

Ключевые слова: зола, цементный камень, наноматериалы, пористость, теплопроводность.

Введение

В настоящее время технологию бетона трудно представить без использования модификаторов специального назначения, затрагивающих более глубокие механизмы структурообразования. Применение нанодобавок (наномодификаторов) должно быть осознанным, целенаправленным и научно обоснованным. Нанодобавки оказывают влияние на определенные принципы структурообразования и формирование структурного каркаса цементного камня. Каркас состоит из ультрадисперсных частиц, негидратированных зерен цемента и межзерновой пустотности, заполненной продуктами гидратаций, с объемом 8-10% капиллярных и гелиевых микропор от общей пористости цементного камня [1, 2].

Гидраты представлены в виде мельчайших частиц – субмикрочастиц – с размерами меньше 0,1 мкм, они создают в прослойках между гидратированными зернами цемента коллоидную систему – тоберморитовый гель. Между частицами возникают коагуляционные контакты, что и приводит к образованию коагуляционной структуры. Особенностью этих контактов

является обязательное наличие между частицами тонкой устойчивой прослойки воды (дисперсионной среды) [2, 3]. В результате физических контактов коагуляционной структуры цементного геля происходит облегченность миграции атомов, наблюдаются более выраженные силы притяжения между атомами, что приводит к склонности самоорганизации кластерных структур (рис. 1) [4].

Классификация модификаторов происходит из возможного влияния их на определенные процессы: структурообразования и формирования состава твердой фазы и порового пространства цементного камня; изменения растворимости составляющих вяжущих веществ и смещения равновесия реакций; химического взаимодействия с минералами вяжущих и образованием новых труднорастворимых соединений; действия добавок как кристаллических затравок и центров кристаллизации; изменения энергетического состояния поверхности твердой фазы в результате адсорбции молекул ПАВ на зернах цемента, наноразмерных частиц и гидратных новообразований [2, 3, 5].

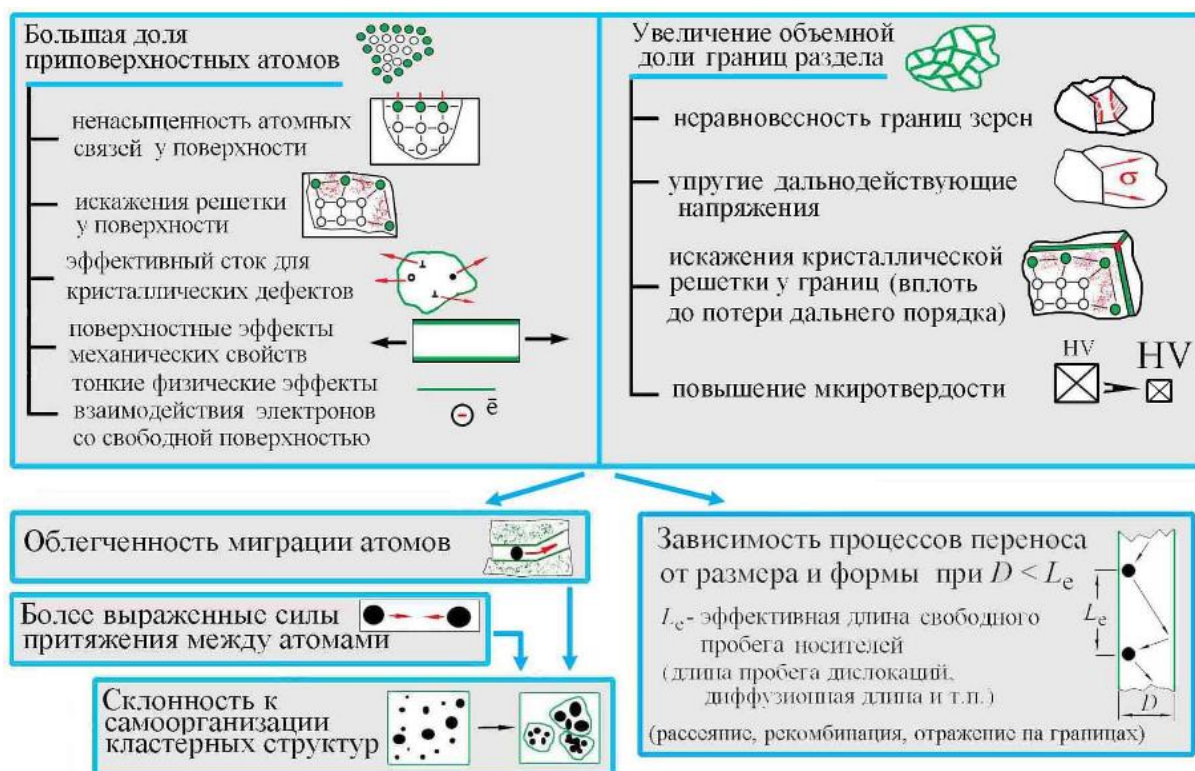


Рис. 1. Основные физические причины специфики наноматериалов

Цементный камень с использованием нанодисперсной золоцементной смеси

Физико-химические процессы образования продуктов гидратации – это типичные формы нанотехнологических процессов, т.к. они протекают на атомно-молекулярном уровне. Технология «сверху вниз» основана на уменьшении размеров физических тел или структурных объектов механическим или другим способом до микроскопических размеров. Технология «снизу вверх» или механосинтез заключается в сборке создаваемой конструкции непосредственно из продуктов гидратации, состоящих из элементарных структурных элементов-атомов, молекул, структурных фрагментов биологических клеток и т.п. [3, 5].

Наночастицы и наноматериалы обладают комплексом физических, химических свойств, которые часто радикально отличаются от свойств этого же вещества в форме сплошных фаз или макроскопических дисперсий. Эта специфика наноматериалов определяется известными законами квантовой физики. Наноразмерные частицы имеют качественные эффекты, определяемые зависимостью химических и физических их свойств от соотношения числа атомов в приповерхностных и внутренних

объемах частиц. Такие частицы приобретают иную физико-химическую и механохимическую активность, в силу чего могут принципиальным образом изменять процессы синтеза, структурообразования, менять термодинамические и энергетические свойства в дисперсной системе, что обеспечивает повышение плотности упаковки системы сложения ультрадисперсных частиц, уменьшение общей пористости и изменение структуры пористости цементного камня [6]. Эффект от введения наноразмерных частиц принципиально выражается в том, что в системе появляется не только дополнительная граница раздела фаз, но и носитель квантово-механических проявлений.

В данной статье рассматривается возможность использования золы гидроудаления омских ТЭЦ, с ультрадисперсным зерновым составом в качестве наномодифицирующей добавки при производстве бетонов, что является актуальной проблемой в плане решения вопросов экономии цемента и экологии. Ежегодные сбросы зол и шлаков от сжигания углей увеличивают общий объем складированных отходов, наносят серьезный вред окружающей среде, выводят из оборота большие участки земли. На золоотвалах

омских ТЭЦ общей площадью 755 га в настоящее время скопилось более 45 млн т ЗШО. На территории г. Омска четыре ТЭЦ из шести работают на экибастузском угле, зольность которого достигает 70% состоит из маложелезистых и тугоплавких частиц, что обуславливает большую экологическую проблему.

Зола гидроудаления Омской ТЭЦ-5 представляет собой ценный сырьевой источник – готовые продукты или полуфабрикаты, которые используются в различных материалах и изделиях. Процентное содержание оксидов кремния и металлов золы гидроудаления представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Процентное содержание оксидов кремния и металлов в золе углей

№ п/п	Уголь (месторождение)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
1	Экибастузский (Плдст 1)	55-58	27-29	8-10	2-3	1-2

В золах Омской ТЭЦ-5 по результатам химического анализа оксид кальция в свободном виде не содержится. Способностью к непосредственному взаимодействию с водой исследуемые золы не обладают. В то же время золы в составе смешанных вяжущих (золоцементных) при твердении проявляют пуццолановую активность, которая образует при обжиге глины аморфизованное глинистое вещество типа метакеолинита, аморфные SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ и алюмосиликатное стекло. Реакционная способность по отношению к гидроксиду кальция у них различна. Обладающий большой удельной поверхностью метакеолинит активно реагирует с Ca(OH)₂ при обычных температурах с образованием гидросиликатов кальция и гидрогеленита. Активность образующихся при более высоких температурах аморфных SiO₂ и Al₂O₃ заметно меньше, что объясняется резким снижением удельной поверхности вследствие спекания и кристаллизации продуктов разложения каолинита (муллита, кристобалита и др.).

Основным требованием, обеспечивающим успешное применение зол гидроудаления ТЭЦ, является стабильность их физико-химических показателей в явной или скрытой способности проявлять пуццолановую активность, способность при обычных температурах связывать гидроксид кальция с образованием нерастворимых соединений. Золошлаковые отходы (ЗШО)

состоят из органической (углерода, водорода, кислорода, азота) и минеральной (минералов и глины, частей, которые включают оксиды кремния и металлов, гидроксидов металлов, силикатов Al, Mg, карбонатов Fe, Mg, Ca) [6, 7, 8].

Кристаллическая составляющая ЗШО представлена кварцем, тридимитом. Полевой шпат присутствует в виде альбита, геленита, метакеолинита и монтмориллонита, который является составной частью бентонитовых глины.

Под воздействием высоких температур и при быстром охлаждении шлакового расплава водой как бы принудительно останавливается движение молекул, атомов и ионов, что не позволяет им найти свое место, способствуя плотной упаковке упорядоченной структуры, поэтому структура материала остается неупорядоченной (метастабильной), а сам материал стеклообразным или аморфным. Нестабильность молекул, атомов и ионов заключается в том, что они готовы в любое время при благоприятных условиях продолжить свою перестройку в упорядоченную структуру (стабильную). В этом и заключаются скрытые вяжущие свойства стекловидных (аморфной структуры) золошлаковых отходов. Физико-механические свойства золы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические свойства золы

№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Величина	
			Средняя	Предел изменения
1	Влажность	%	55	20-80
2	Плотность насыпная	кг/м ³	800	600-1000

3	Удельная поверхность: - с золоотвала (гидроудаления) - с циклона - с электрофильтров	м ² /кг	385 200 350	170-600 150-250 200-500
4	Коэффициент теплопроводности: - в воздушно сухом состоянии	Вт/(м°С)	0,125	0,1-0,15
5	Плотность естественного сложения (в золоотвале)	кг/м ³	1400	1300-1600

Проявлению этих свойств способствует, наряду с ковалентными связями, наличие ионных связей, которые, как известно, менее прочны, чем ковалентные. Именно поэтому растворимость в воде аморфизированного (стеклообразного) кремнезема выше, чем кристаллического и зависит не только от соотношения ковалентных и ионных связей, но и от энергии этих связей.

Таким образом, термическая обработка и последующее быстрое охлаждение расплавов создают условия для перехода стабильной кристаллической решетки исходных горных пород в менее устойчивую (метастабильную) стеклообразную структуру. Переход SiO₂ и Al₂O₃ в метастабильное состояние обуславливает их повышенную растворимость. Изменение гранулометрического состава золы гидроудаления путем частичного помола повышает ее физико-химическую активность [6, 7].

Основная цель исследований состоит в получении цементного камня с высокими

физико-механическими показателями за счет модификатора полученного на основе ультрадисперсной золы гидроудаления Омской ТЭЦ-5.

Был рассмотрен гранулометрический состав неактивированной золы гидроудаления с $S_{уд} = 170-200$ м²/кг. Основную объемную долю составляют частицы размерами 9,5 – 11 мкм, содержание которых в процентах соответственно 26 и 24%. Самые мелкие частицы размером 0,7 мкм содержатся в количестве 0,01%.

Для активации золы гидроудаления применялась центробежная дисковая установка, состоящая из цилиндрического корпуса 1, в котором установлен вал 4 с лопастями 5. Вал закреплен в корпусе с помощью подшипников 3, закрытых внешними втулками для предотвращения оттока обрабатываемого продукта. Вал 2 соединяется с помощью клиноременной передачи со штоком электродвигателя соответствующей мощности (рис. 2).

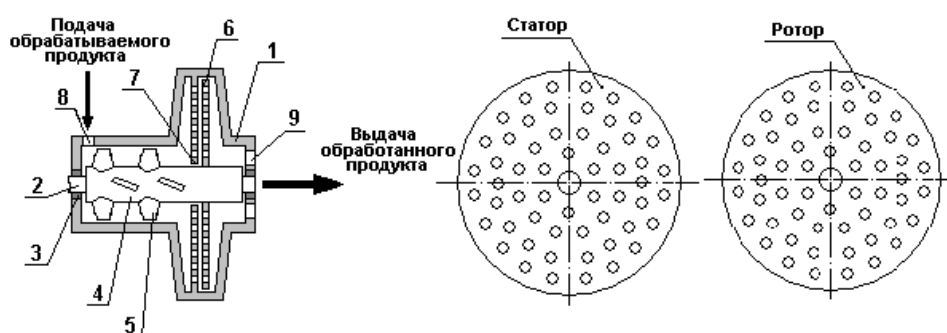


Рис. 2. Центробежная дисковая установка

Непосредственно у окна выдачи готового продукта корпус расширяется, соединяясь с неподвижным решетчатым статором 7 дисковой или цилиндрической формы, на самом валу на небольшом расстоянии (как правило, от 0,5–0,1 до 1–2 мм) от статора закреплен решетчатый ротор 6, повторяющий его очертания.

В лаборатории «Новые технологии и автоматизация промышленности строительных материалов ИНТА-СТРОЙ» г. Омска были изготовлены и испытаны образцы на активированной золе гидроудаления Омской ТЭЦ-5 согласно структурной схеме (рис. 3).



Рис. 3. Структурная схема исследований

В ходе эксперимента применялись следующие материалы:

1. Вяжущее вещество – портландцемент ПЦ400 Д20 производства Искитимского цементного завода, истинная плотность – 2950-3150 кг/м³, нормальная густота цементного теста – 24%, удельная поверхность – 300-350 м²/кг.

2. Песок гидронамывной с реки Иртыша Николаевского карьера г. Омска со следующими характеристиками: $M_k=1,9-2,1$; истинная плотность – 2635 кг/м³; средняя плотность – 2550 кг/м³; насыпная плотность – 1530 кг/м³.

3. Зола гидроудаления Омской ТЭЦ-5, удельная поверхность – 170-200 м²/кг и 600-650 м²/кг.

4. Вода водопроводная.

Для определения по содержанию размеров ультрадисперсных частиц золы гидроудаления, полученных в результате активации, применяли лазерный анализатор «MicroSizer 201». Полученные результаты распределения частиц зол гидроудаления до и после активации показывают, что количество ультрадисперсных частиц золы гидроудаления размером от 0,6-1,8 мкм составляет 17-19%.

Прочность золоцементного камня определялась на образцах, приготовленных из цементного теста нормальной густоты, в количестве 72 штук размерами 2x2x2 см для каждого состава согласно структурной схеме исследования. Физико-механические показатели полученных образцов определялись в возрасте 28 суток. Теплопроводность цементного камня определяли методом стационарного теплового потока прибором ИТП-МГ4 в соответствии с ГОСТ 7076–99. Результаты коэффициента теплопроводности определялись на образцах отформованных пластин размерами 100x100x15 мм из золоцементного теста нормальной густоты и с содержанием активированной золы гидроудаления к массе цемента согласно структурной схеме исследования. Образцы размерами 4x4x16 см формовались из золоцементно-песчаного раствора и содержанием активированной золы гидроудаления согласно структурной схеме исследования. Испытания проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 10180–2012. Результаты испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-механические показатели цементного камня и цементно-песчаного раствора при сухом способе активации ЗШО гидроудаления

Вид отходов	Технология активации	Физико-механические показатели	Отношение массы активированных ЗШО к массе цемента в %				
			0:100	10:90	20:80	30:70	40:60
Зола гидроудаления, фракция 0-2,5 мм	Сухой способ активации	Прочность цементного камня при сжатии, $R_{сж}^{ср}$, МПа (А3:Ц)	58,4	63,3	68,5	75,8	61,7
		Теплопроводность цементного камня, $\lambda^{ср}$, Вт/(м·К) (А3:Ц)	0,403	0,398	0,390	0,381	0,377
		Прочность при изгибе цементно-песчаного раствора, $R_{из}^{ср}$, МПа (А3:Ц)+П	14,5	15,9	17,6	19,2	17,4
		Прочность при сжатии цементно-песчаного раствора, $R_{сж}^{ср}$, МПа (А3:Ц)+П	41,5	43,5	48,7	56,1	52,1

Примечание. (А3:Ц) – отношение активированной золы гидроудаления к массе цемента %, цементного камня; (А3:Ц)+П – отношение активированной золы гидроудаления к массе цемента %, цементно-песчаного раствора нормальной консистенции.

Полученные результаты показывают, что прочность при оптимальном золо-цементном отношении массы вяжущего к массе цемента 30:70 увеличивается на 30%, а в золоцементно-песчаном растворе прочность при изгибе и сжатии увеличилась соответственно на 32,4 и 35,0%. Коэффициент теплопроводности уменьшается на 6,5%, что является незначительным изменением.

Заключение

Использование зол гидроудаления Омской ТЭЦ-5 с применением предложенной технологии ее активации позволяет улучшить структуру цементного камня за счет заполнения межзерновой пустотности между непрогидратированными зернами цемента, что дает возможность улучшить физико-механические характеристики цементного камня.

Применение наноразмерных частиц (от 0,6 до 1,8 мкм) зол гидроудаления в количестве 18% позволяет экономить цемент до 30% или повысить прочность материала при сжатии и изгибе от 30 до 34%.

На основании полученных результатов, по использованию активированных зол гидроудаления Омской ТЭЦ в качестве ультрадисперсного золоцементного вяжущего (30:70) для промышленного и гражданского строительства можно сделать вывод о притоке значительных инвестиций в регион Омской области, что положительно скажется на экономическом, социальном и экологическом положении в округе.

Библиографический список

1. Ахведов, И.Н. Основы физики бетона: учебник для вузов / И.Н. Ахведов. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
2. Формирование структуры композиционных материалов и их свойства / Б. В. Гусев [и др.]. – М.: Научный мир, 2006. - 560 с.
3. Балоян Б.М. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения: учебное пособие / Б.М. Балоян, А.Г. Колмаков, М.И. Алымов, А.М. Кротов. – М., 2007. – 125 с.
4. Кузнецова, И.Н. Влияние основных минералов цементного камня на его структуру и свойства / И.Н. Кузнецова, А.Ф. Косач, М.А. Ращупкина, Н.А. Гутарева // Известия вузов. Строительство. – 2015. – № 8 (680). – С. 25–33.
5. Кузнецова, И.Н. Технология пенобетона на основе торфа / И.Н. Кузнецова, М.А. Ращупкина, С.В. Жуков // Вестник СибАДИ. – 2014. – № 4 (38). – С. 72–77.
6. Гусев, Б.В. Прочность полидисперсного композиционного материала, типа цементного бетона и особенности напряженно-деформированного состояния такого материала при действии сжимающих нагрузок / Б.В. Гусев. – М.: ЦИСН, 2003. – 37 с.
7. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К.Ф. Фокин; под ред. Ю.А. Табунщикова, В. Г. Гагарина. – 5-е изд., пересм. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.
8. Шмитько, Е.И. Химия цемента и вяжущих веществ: учеб. пособие / Е.И. Шмитько, А.В. Крылова, В. В. Шаталова. – СПб.: Проспект Науки, 2006. – 206 с.

INFLUENCE OF THE NANODIMENSIONAL MODIFIER ON THE BASIS OF THE EVILS OF HYDROREMOVAL OF OMSK COMBINED HEAT AND POWER PLANT ON PROPERTIES OF THE CEMENT STONE

A.F.Kosach, M.A.Raschupkina, I.N. Kuznetsova

Abstract. Use of the nanodimensional modifier on the basis of the evils of hydroremoval of Omsk combined heat and power plant in a cement stone is presented in article and its physicomechanical properties are defined. The cement stone with use of nanodisperse zolotsementny mix in an optimum proportion is investigated. Application of the activated evils of hydroremoval as the ultradisperse zolotsementny knitting for industrial and civil engineering is proved. Physic mechanical indicators of a cement stone and cement and sand solution at a dry way of activation of ZShO of hydroremoval are presented.

Keywords: ashes, cement stone, nanotsastitsa, porosity, thermal conductivity.

References

1. Ahvedov I.N. *Osnovy fiziki betona: uchebnik dlja vuzov* [Fundamentals of physics the concrete]. Moscow, Strojizdat, 1981. 464 p.
2. Gusev B.V. *Formirovanie struktury kompozicionnyh materialov i ih svojstva* [Formation of structure of composite materials and their properties]. Moscow, Nauchnyj mir, 2006. 560 p.
3. Balojan B.M., Kolmakov A.G., Alymov M.I., Krotov A.M. *Nanomaterialy. Klassifikacija, osobennosti svojstv, primenenie i tehnologii poluchenija: uchebnoe posobie* [Nanomaterialy. Classification, features of properties, application and technologies of receiving]. Moscow, 2007. 125 p.
4. Kuznecova I.N., Kosach A.F., Rashchupkina M.A., Gutareva N.A. *Vlijanie osnovnyh mineralov cementnogo kamnja na ego strukturu i svojstva* [Influence of the main minerals of a cement stone on its structure and properties]. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo*, 2015, no 8 (680). pp. 25–33.
5. Kuznecova I.N., Rashchupkina M.A., Zhukov S.V. *Tehnologija penobetona na osnove torfa* [Technology of foamed concrete on the basis of peat]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 4 (38). pp. 72–77.
6. Gusev B.V. *Prochnost' polidispersnogo kompozicionnogo materiala, tipa cementnogo betona i osobennosti naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija takogo materiala pri dejstvii szhimajushhh nagruzok*

[Prochnost of polydisperse composite material, like cement concrete and feature of the intense deformed condition of such material at action of the squeezing loadings]. Moscow, CISN, 2003. 37 p.

7. Fokin K.F. *Stroitel'naja teplotehnika ograzhdajushhh chastej zdanij* [Stroitel'naya of the heating engineer of the protecting parts of buildings]. Moscow, AVOK-PRESS, 2006. 256 p.

8. Shmit'ko E.I., Krylova A.V., Shatalova V.V. *Himija cementa i vjazhushhh veshhestv* [Himiya of cement and the knitting substances]. St. Petersburg, Prospekt Nauki, 2006. 206 p.

Косач Анатолий Федорович (г. Ханты-Мансийск, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры строительства Югорского государственного университета «ЮГУ» (628012, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16, e-mail: A_Kosach@ugrasu.ru).

Ращупкина Марина Алексеевна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов и специальные технологии ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: manana2003@yandex.ru).

Кузнецова Ирина Николаевна (г. Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: inkuzntcova@mail.ru).

Kosach Anatolij Fedorovich (Russian Federation, Khanty-Mansiysk) – doctor of technical sciences, Professor, Department of Building structures, State Yugra University, «YGU» (628012, Khanty-Mansiysk Autonomous Area, Khanty-Mansiysk, Chekhova st., 16, e-mail: A_Kosach@ugrasu.ru).

Raschupkina Marina Alekseevna (Russian Federation, Omsk) – candidate technical sciences, Ass. Professor, Department of Building structures, The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: manana2003@yandex.ru).

Kuznetsova Irina Nikolaevna (Russian Federation, Omsk) – candidate technical sciences, Ass. Professor, Department of Building structures, The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: inkuzntcova@mail.ru).

УДК 625.8

ВЛИЯНИЕ УСЛОВНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЕФОРМАТИВНОСТИ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА РАСЧЕТ УСИЛЕНИЯ ДИСКРЕТНЫХ ОСНОВАНИЙ

Г.М. Левашов, В.В. Сиротюк, О.А. Рычкова
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Омск, Россия.

Аннотация. Деформативность геосинтетических материалов, георешеток в частности, является одним из основных показателей, которые требуется определять по ГОСТ 56388-2015. Показатели деформативности требуются и при расчетах дорожных конструкций, усиленных георешетками. В статье приводятся результаты испытаний, подтверждающие необходимость экспериментального определения условного показателя деформативности для каждого вида георешеток для назначения достоверных значений коэффициентов усиления дискретных оснований.

Ключевые слова: георешетка, относительная деформация, условный показатель деформативности, коэффициенты усиления дискретных оснований.

Введение

На сегодняшний день основным конструктивным мероприятием, повышающим прочность и долговечность дорожных одежд автомобильных дорог, является армирование их конструкций геосинтетическими материалами. Анализ результатов отечественных и зарубежных исследований показывает, что армирование дискретных слоев дорожной одежды снижает величину активных напряжений сдвига, возникающих в грунтовом слое, а так же увеличивает модуль деформации на поверхности армированного слоя. Однако использование геосинтетических материалов не всегда приводит к положительным эффектам при строительстве армированных конструкций дорожных одежд. Стоит отметить отсутствие единого подхода к вопросам выбора эффективных геосинтетических материалов и конструирования армированных дорожных одежд. Существующие методики расчета не в полной мере позволяют оценить влияние армирующих прослоек на прочностные и деформационные характеристики дорожных одежд.

Оценка деформативных характеристик георешеток

Эффективность применения геосинтетических материалов при выполнении функции армирования, характеризуется показателями прочности и деформативности армирующих материалов:

- прочность при растяжении в продольном (поперечном) направлении R_R ;
- относительная деформация при максимальной нагрузке в продольном (поперечном) направлении ε_R ;

– условный показатель деформативности в продольном (поперечном) направлении E' при определенной деформации.

Данный подход используется в нормативном документе ГОСТ Р 56338-2015 [1], устанавливающим технические требования к геосинтетическим материалам, используемым для усиления (армирования) дискретных (щебеночных, гравийных, песчаных и т.п.) слоев дорожной одежды. В этом документе нормируется не только номинальная (максимальная) прочность геосинтетического материала, но и напряжения в материале при относительном удлинении 2 %, 5 % и 10 %.

Для расчета дорожных одежд из зернистых материалов, армированных геосинтетическими материалами, используют ОДМ 218.5.002-2008 [2]. По существующей практике конструирования и расчета дорожных одежд принято, что введение в конструкцию дорожной одежды георешетки позволяет усилить дорожную одежду и предупредить взаимопроникновение материалов контактирующих слоев.

Следует отметить, что в соответствии с Поручением ФДА (Росавтодор) № ИГ-1/49 от 02.12.2014 г. при входном контроле качества геосинтетической продукции в обязательном порядке производится оценка прочностных и деформативных характеристик только по двум показателям:

- прочность при растяжении в продольном (поперечном) направлении R_R ;
- относительная деформация при максимальной нагрузке в продольном (поперечном) направлении ε_R .

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Методы определения этих показателей нормирует ГОСТ Р 55030-2012 [3].

В рамках входного контроля нами определялась прочность трех проб

георешеток при растяжении и их относительное удлинение при максимальной нагрузке (табл.1).

Таблица 1 – Результаты испытаний георешеток

Наименование показателя	Нормативные требования		Фактическое значение		
	по ОДМ 218.5.002-2008	по ГОСТ Р 56338-2015	Производитель №1		Производитель №2
			проба №1	проба №2	проба №3
Прочность материала при растяжении, кН/м	не менее 20	не менее 30	49,9	42,9	44,0
Относительное удлинение при максимальной нагрузке, %	не более 15	не более 20	16,6	11,1	14,1

По результатам проведенных испытаний можно сделать заключение, что оцениваемые геосинтетические материалы по прочностным и деформативным характеристикам соответствуют требованиям ГОСТ Р 56338-2015 [1] и могут быть использованы при устройстве армирующих прослоек в основаниях дорожных одежд.

Однако, кроме номинальных (максимальных) прочностных характеристик, практический интерес представляет условный

модуль деформативности этих материалов при определенном удлинении. На основании данного параметра в соответствии с ОДМ 218.5.002-2008 [2] назначаются коэффициенты усиления. Величина условного модуля деформативности назначается по этому документу в соответствии с маркой георешетки, которая зависит от ее номинальной (максимальной) прочности (табл. 2).

Таблица 2 – Расчетные параметры георешеток

Марка георешетки	Прочность материала при растяжении, не менее, кН/м	Относительное удлинение в продольном / поперечном направлении при максимальной нагрузке, не более, %	Условный показатель деформативности при относительном удлинении 2%
СД-20	20	18 / 15	350
СД-30	30	18 / 15	525
СД-40	40	18 / 15	700

Наши исследования показывают, что в настоящее время сложилась парадоксальная ситуация: расчет дорожной одежды с прослойкой из георешетки при проектировании производится по одним параметрам [2], а приобретаемая геосинтетическая продукция оценивается (на этапе входного контроля качества) по другим параметрам [1]. Таким образом, при выполнении действующих нормативно-методических документов нельзя гарантировать обеспечение требуемой несущей способности и надежности дорожной одежды, усиленной геосинтетическим материалом.

Проиллюстрируем вышеуказанный тезис результатами конкретных испытаний (табл.3, рис.3). Испытания показали, что, не смотря на то, что при входном контроле качества все три пробы материала признаны соответствующими требованиям

национального стандарта, при более детальном изучении прочностных характеристик оцениваемых материалов можно сделать вывод, что георешетка с наименованием «проба №1» не соответствует требованиям нормативной документации. При самой большой прочности при растяжении из испытанных проб (см. табл.1), а она выше чем требования ГОСТ Р 56338-2015 [1] на 66 % и на 150 %, соответственно, выше требований ОДМ 218.5.001-2008 [2], данный материал не соответствует по характеристике «условного показателя деформативности при удлинении 2%», который в 2,3 раза ниже требований ГОСТ Р 56338-2015 [1] и в 5,4 раза ниже расчетных значений ОДМ 218.5.001-2008 [2].

Следует отметить, что именно показатель деформативности при удлинении 2 % является расчетным при проектировании дорожной одежды.

Таблица 3 – Нормативные и фактические зависимости относительного удлинения от напряжения в материале

Нормативный документ		Прочность материала при растяжении, кН/м	Условный показатель деформативности при удлинении 2 %, кН/м	Напряжения в материале кН/м при удлинении			
				2 %	5 %	10 %	
ГОСТ Р 56338-2015		не менее 30	150*	3,0	7,5	15	
ОДМ 218.5.002-2008 для марок	СД-20	не менее 20	350	7,0	10	–	
	СД-30	не менее 30	525	10,5	15	–	
	СД-40	не менее 40	700	14,0	17	–	
Фактическое значение для материала		проба №1	49,9	65	1,3	19,4	41,8
		проба №2	42,9	385	7,7	26,9	41,6
		проба №3	44,0	300	6,0	21,6	38,5

Примечание: * – прямое назначение характеристик в нормативном документе отсутствует.

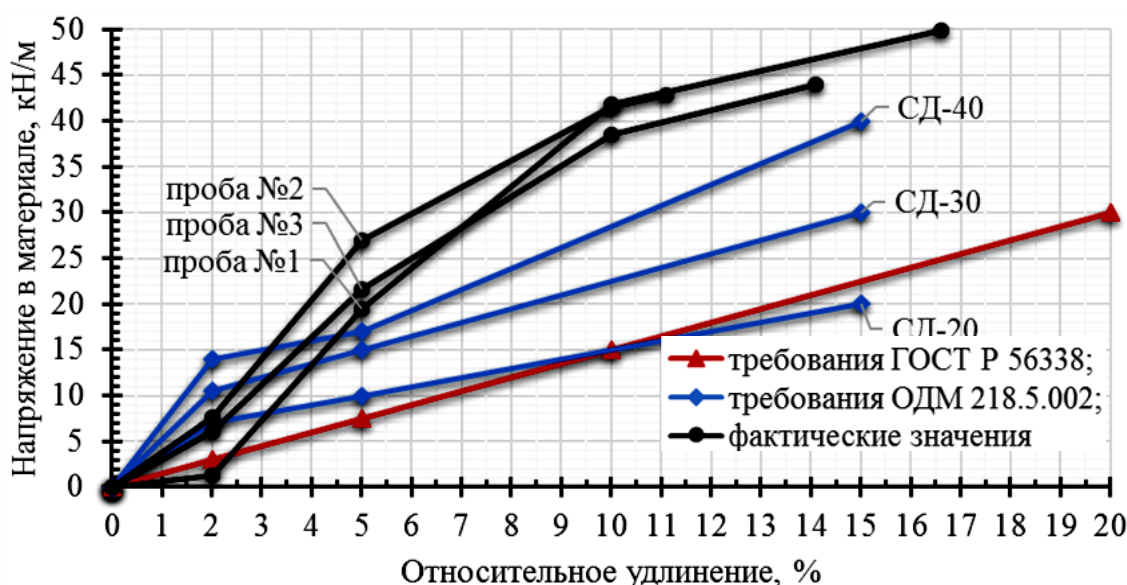


Рис.3. Нормативные и фактические зависимости относительного удлинения от напряжения в материале

Пробы материала с наименованием № 2 и № 3, отвечая требованиям ГОСТ Р 56338-2015 [1], не соответствуют по значению условного показателя деформативности заявленным прочностным маркам.

Таким образом, можно сделать вывод, что действующую процедуру оценки характеристик геосинтетических материалов нужно усовершенствовать с точки зрения номенклатуры оцениваемых параметров при увязке последней с методологией расчета.

Оценить последствия применения «некачественных» геосинтетических материалов можно путем пересчета

конструкций с фактическими деформативными характеристиками армирующих прослоек. Для расчета дорожных одежд использовали программный продукт Indor Pavement 9.0. В качестве базовой (без армирующих прослоек) конструкции дорожной одежды принято:

1 слой – Асфальтобетон горячий плотный I марки, из щебеночной смеси типа А, марка битума БНД-60/90, толщиной 7 см;

2 слой – Асфальтобетон горячий пористый I марки из крупнозернистой щебеночной смеси марка битума БНД-60/90, толщиной 12 см;

3 слой – Щебень фракционированный от 40 до 80 мм трудноуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем, толщиной 28 см;

4 слой – Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0 %, толщиной 55 см;

Грунт земляного полотна – Песок пылеватый.

Для сравнения выполнен расчет конструкций дорожной одежды с введением георешеток:

– «СД-20» с нормативным показателем деформативности 350 кН/м;

– «СД-40» с нормативным показателем деформативности 700 кН/м;

- «проба №1» с фактическим показателем деформативности 65 кН/м;

- «проба №2» с фактическим показателем деформативности 385 кН/м;

- «проба №3» с фактическим показателем деформативности 300 кН/м.

Эффект от введения армирующих прослоек из георешеток по ОДМ 218.5.002-2008 [2] заключается в введении в стандартный расчет дорожных одежд коэффициентов усиления (α_1 , α_2 , α_3), за счет которых возможно снижение толщины несущего слоя основания (табл. 4).

Таблица 4 – Результаты расчета армированных конструкций дорожных одежд на прочность

Показатель	Вид геосинтетического материала				
	СД-20 по [2]	СД-40 по [2]	проба №1	проба №2	проба №3
Условный показатель деформативности при 2 % удлинении, кН/м	350	700	65	385	300
Коэффициенты усиления для расчета по [2]: – по допускаемому упругому прогибу, α_1 ; – по условию сдвигоустойчивости, α_2 ; – на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению, α_3	1,17	1,30	1,17	1,19	1,17
	1,43	1,64	1,44	1,43	1,43
	1,19	1,33	1,18	1,21	1,19
Толщина несущего слоя основания, см	19	13	20	18	19
Снижение толщины относительно базовой конструкции, %	32	54	29	36	32

Сопоставляя результаты расчетов, выполненных по нормируемым и фактическим показателям условной деформативности, становится очевидным, что фактический эффект от введения прослоек из георешеток не соответствует предполагаемому эффекту от введения армирующего материала. Уменьшение толщины щебеночного основания за счет введения армирующей прослойки может составлять от 29 % до 36 %, что ниже ожидаемого эффекта от номинальной (заявленной) марки материала, составляющего 54 %.

Таким образом, конструкция дорожной одежды с армированным щебеночным основанием, рассчитанная по действующим документам, фактически будет иметь более низкую несущую способность, коэффициент надежности и, как следствие, меньший срок службы.

Заключение

1. Наибольший практический интерес при оценке прочностных характеристик имеет не прочность материала при растяжении и относительное удлинение при максимальной нагрузке, а условный показатель деформативности материала при 2 % и 5 % относительном удлинении.

2. Необходима увязка процедуры входного контроля качества геосинтетических материалов с процедурой расчета дорожных одежд путем определения не только номинальной (максимальной) характеристики прочности материала, но и поведение материала на протяжении всей кривой зависимости «нагрузка - удлинение».

Библиографический список

1. ГОСТ Р 56338-2015. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для армирования нижних слоев

основания дорожной одежды. Технические требования. – Введ. 2015-06-01 // ИС «Техэксперт» / АО «Кодекс», 2009-2016. – Версия: 6.4.0.200.

2. ОДМ 218.5.002-2008. Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешеток) для усиления слоев дорожной одежды из зернистых материалов. – Введ. 2008-05-30 // ИС «Техэксперт» / АО «Кодекс», 2009-2016. – Версия: 6.4.0.200.

3. ГОСТ Р 55030-2012. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения прочности при растяжении. – Введ. 2013-04-01 // ИС «Техэксперт» / АО «Кодекс», 2009-2016. – Версия: 6.4.0.200.

THE IMPACT OF CONDITIONAL INDICATOR OF THE DEFORMABILITY OF THE GEOSYNTHETIC MATERIAL ON THE CALCULATION OF THE GAIN DISCRETE GROUNDS

G.M. Levashov, V.V. Sirotyuk, O.A. Rychkov

Abstract. Deformation of geosynthetics and geogrids, in particular, is one of the major indicators to be determined according to GOST 56388-2015. Indicators of deformability is required in the calculation of road structures reinforced with geogrids. The article presents the results of tests confirming the need for experimental determination of the conditional rate of deformation for each geogrid to assign reliable values of the coefficients of discrete bases reinforced with geogrid.

Keywords: geogrid, relative deformation, the conditional rate of deformatively, the gain of the discrete grounds.

References

1. GOST R 56388-2015. *Dorogi avtomobil'nye obshhego pol'zovanija. Materialy geosinteticheskie dlja armirovanija niznih sloev osnovanija dorozhnoj odezhdy. Tehnicheskie trebovanija* [State standard R 56388-2015 highway. Materials geositecal for reinforcement the bottom of the base layers of the pavement]. Vved. 2015-06-01 IS «Tehjekspt». AO «Koдекс», 2009-2016. Versija: 6.4.0.200.

2. ODM 218.5.002-2008. *Metodicheskie rekomendacii po primeneniju polimernyh geosetok*

(georeshetok) dlja usilenija sloev dorozhnoj odezhdy iz zernistyh materialov [ODM 218.5.002-2008 guidelines on use of polymer geogrids (geogrid) to enhance the pavement layers of granular materials]. Vved. 2008-05-30. IS «Tehjekspt». AO «Koдекс», 2009-2016. Versija: 6.4.0.200.

3. GOST R 55030-2012. *Dorogi avtomobil'nye obshhego pol'zovanija. Materialy geosinteticheskie dlja dorozhnogo stroitel'stva. Metod opredelenija prochnosti pri rastjazhenii* [State standard R 55030-2012. Highway. Materials geosynthetic for road construction. The method of determining the tensile strength]. Vved. 2013-04-01. IS «Tehjekspt». AO «Koдекс», 2009-2016. Versija: 6.4.0.200.

Левашов Григорий Михайлович (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры Проектирование дорог ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира,5, email: dic.sibadi@gmail.com).

Сиротюк Виктор Владимирович (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Проектирование дорог ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира,5, email: sirvv@yandex.ru).

Рычкова Оксана Алексеевна (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой Проектирование дорог ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира,5, email: rychkova-oa@yandex.ru).

Levashov Gregory Mihailovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate Professor The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: dic.sibadi@gmail.com).

Sirotyuk Viktor Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, Professor, The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: email: sirvv@yandex.ru).

Rychkova Oksana Alekseevna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate Professor, The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: rychkova-oa@yandex.ru).

УДК 678.019.3:621.793.184:620.3

СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАНОСТРУКТУРНЫХ ТОПОКОМПЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

К.Н. Полещенко¹, Д.Н. Коротаев², Е.Е. Тарасов³

¹ Омский институт (филиал) Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, Омск, Россия;

² ФГБОУ ВО «СибАДИ», Омск, Россия;

³ ФГУП «НПП «Прогресс», Омск, Россия.

Аннотация. *Исследованы структурно-морфологические особенности наноструктурных топокомпозитных покрытий в зависимости от режимов ионно-плазменной обработки. Приведена классификация структурно-морфологических типов покрытий, содержащих нанофазы и нанокластерные образования. На основе результатов моделирования процессов поверхностного массопереноса изучены причины формирования наблюдаемых структурно-морфологических изменений. Даны рекомендации по целевому применению изделий и конструктивных элементов в соответствии со структурно-морфологическим типом покрытия.*

Ключевые слова: *структурно-морфологические особенности, наноструктурные топокомпозитные покрытия, ионно-плазменная обработка, нанофазы, массоперенос, нанокластерные образования.*

Введение

Актуальность исследования обусловлена разработкой методов и технологий получения многофункциональных наноструктурных топокомпозитных покрытий и материалов (НСТКПМ), применение которых позволяет существенно улучшить эксплуатационные свойства изделий и конструктивных узлов трибосопряжений [1-4]. Наноструктурные топокомпозитные покрытия и материалы обеспечивают повышение надежности изделий и узлов за счет повышения усталостной прочности, износостойкости, сохраняют повышенную работоспособность в активных и агрессивных средах. При этом эксплуатационное поведение НСТКПМ зависит от их структурно-морфологических характеристик, в том числе наличия в поверхностном слое специфических нанокластерных образований. Ранее было установлено, что посредством ионно-плазменного воздействия удается формировать на поверхности изделий композиционные нанопокртия различного состава и толщины, а также получать различные типы структур [4]. Кроме того, на основе исследования триботехнических свойств материалов с наноструктурными топокомпозитными покрытиями было установлено, что наибольшими технологическими возможностями применения обладают материалы с кластерно-гибридным типом структуры покрытий, которые формируются при комбинированном ионно-плазменном

воздействии в условиях интенсивной активации поверхности.

Работа посвящена исследованию влияния режимов ионно-плазменной обработки на изменение морфологии кластерно-гибридного покрытий с целью формирования требуемых структурно-морфологических типов наноструктурных топокомпозитных покрытий для определенных условий эксплуатации модифицированных изделий и конструктивных элементов.

Методика эксперимента

Ионно-плазменная обработка осуществлялась на модернизированной установке ННВ-6.6 с использованием трехкатодной системы, позволяющая осуществлять активацию поверхности за счет ее распыления под разными углами, а также наносить покрытия различного состава [4].

Обработке подвергались образцы из сплавов и сталей ВТ8, ВТЗ-1, ЭП109, 38Х2МЮА, широко используемые в машиностроении. Величина тока электродугового разряда при действии боковых катодов K_2 и K_3 [4] варьировалась в диапазоне $I = 40-180$ А, напряжение смещения изменялось в диапазоне $U = 30-200$ В. Давление в камере составляло $7 \cdot 10^{-10}$ мм. рт. ст. Составы используемых катодов: Ti, Al, Cr. В качестве рабочего газа использовался азот.

Для изучения морфологии рельефа поверхности использовался атомно-силовой микроскоп NTEGRA. Были получены трехмерные изображения поверхностей и их

профили в зависимости от варьируемых режимов ионно-плазменной обработки. На основе анализа полученных данных определялись соответствующие режимам ионно-плазменного воздействия структурно-морфологические типы покрытий.

Результаты эксперимента

Вид и профили поверхности наноструктурных топокомпозитных покрытий кластерно-гибридного типа показаны на рисунке 1.

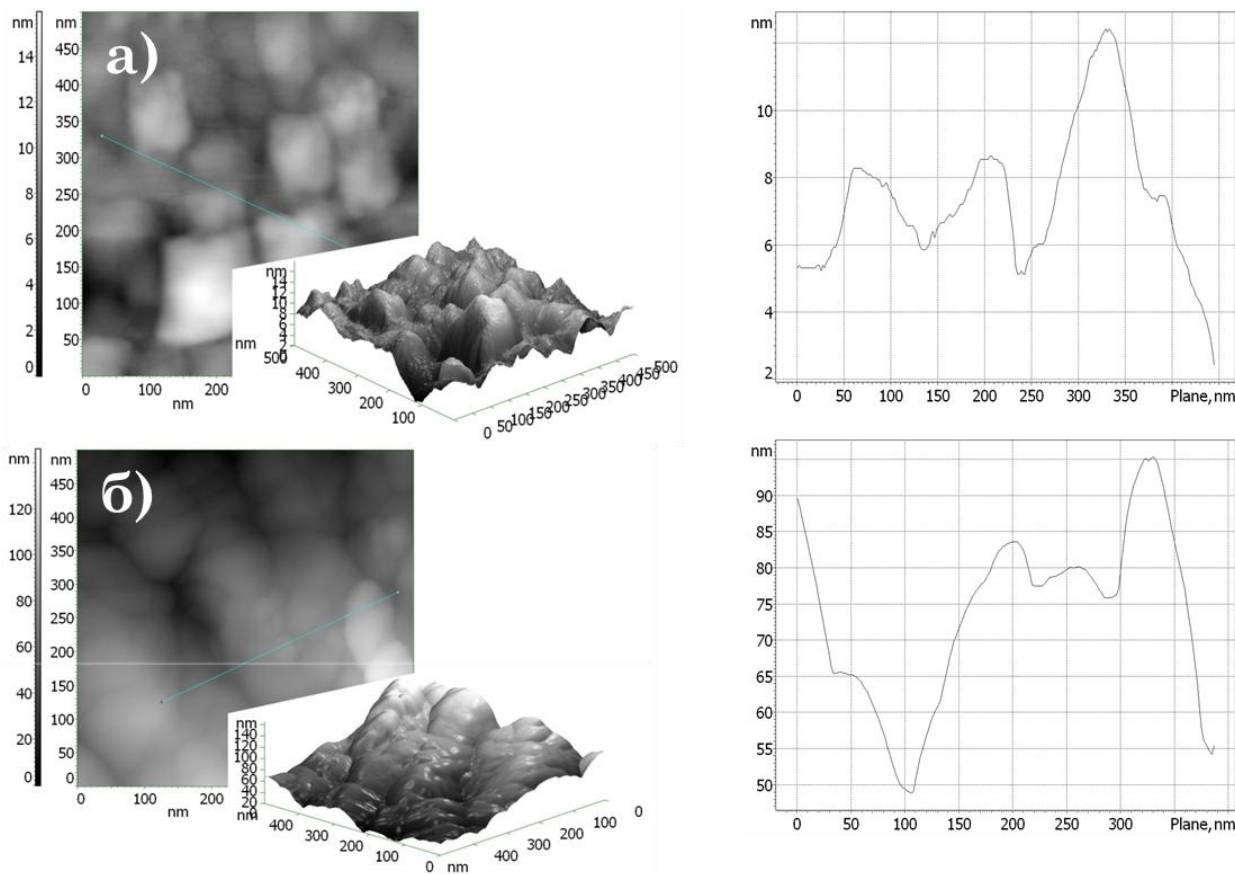


Рис. 1. Вид и профили поверхности наноструктурных топокомпозитных покрытий кластерно-гибридного типа: а) – изображение покрытия, полученного в условиях предварительной активации поверхности с последующим нанесением покрытия при величине тока электродугового разряда $I = 40$ А и напряжении смещения $U = 30$ В; б) – изображение покрытия, полученного в условиях предварительной активации поверхности с последующим нанесением покрытия при величине тока электродугового разряда $I = 120$ А и напряжении смещения $U = 100$ В.

Из рисунка 1 видно, что при росте тока разряда и напряжения смещения происходит переход от единичных кластеров (рис. 1, а) к формированию кластерных образований, при которых единичные кластеры явно неразличимы (рис. 1, б). Подобная тенденция

наблюдается и при дальнейшей интенсификации режимов ионно-плазменного воздействия, что позволяет классифицировать структурно-морфологические типы (СМТ) покрытий (рис. 2).

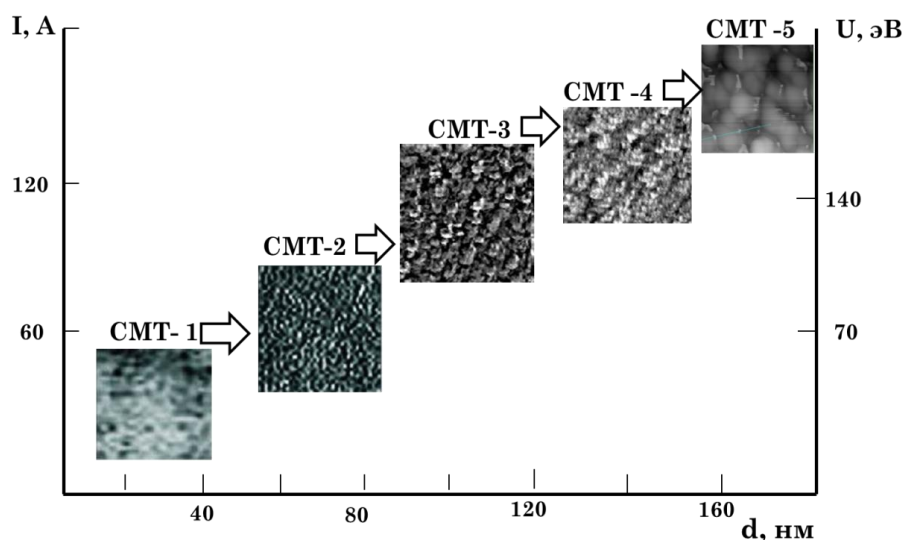


Рис. 2. Изменение морфологии покрытий в зависимости от режимов ионно-плазменной обработки

Обсуждение результатов эксперимента

При анализе причин наблюдаемых структурно-морфологических изменений поверхности покрытий при интенсификации режимов ионно-плазменной обработки следует учитывать, что формирование того или иного структурно-морфологического типа определяется соотношением скоростей следующих конкурирующих процессов: скоростью роста зародышей фаз (наночастиц) и скоростью распыления поверхности. Скорость роста наночастиц, на первый взгляд, должна зависеть от скорости осаждения покрытия при действии катода K_1 [4], расположенного перпендикулярно поверхности обрабатываемого образца. Однако было установлено, что скорость роста фаз при ионно-плазменной обработке с использованием катодов K_2 и K_3 , расположенных под углом относительно обрабатываемой поверхности, примерно на три порядка выше. В этом случае, по-видимому, повышение скорости роста фаз и формирование кластерных образований, определяется процессами столкновения, развивающимися на поверхности образцов. В условиях одновременного действия двух боковых катодов становится возможным проявление «перекрестных» эффектов. Первый связан с дополнительной ионизацией плазменных потоков вблизи поверхности вследствие их «перемешивания» и образованием многозарядных ионов в плазме. Второй обусловлен развитием столкновений вследствие поверхностного массопереноса за счет встречных потоков

осаждаемого вещества. Перекрестные эффекты могут инициировать развитие каскадных явлений с образованием ударных импульсов и термических пиков. Указанные явления могут способствовать повышению скорости твердофазных химических реакций с образованием дополнительных зародышей наночастиц и усиленному массопереносу, приводящему к наблюдающимся трансформациям профилей (рис. 1) и изменениям морфологии поверхности покрытий при интенсификации режимов ионно-плазменной обработки (рис. 2). Поскольку при перекрестных столкновениях создаются сильнонеравновесные условия, о чем свидетельствует образование наблюдаемых наночастиц, для анализа особенностей поверхностного массопереноса вполне обоснованным является привлечение представлений локально-неравновесной термодинамики [5].

Результаты моделирования

Согласно положениям расширенной необратимой термодинамики, использующей в качестве новых независимых переменных диссипативные потоки, массоперенос в локально-неоднородных системах описывается уравнением Максвелла-Каттанео:

$$J + \tau_D \frac{\partial J}{\partial t} = -D \nabla C \quad (1)$$

где J – поток массы, τ_D – время релаксации потока, D – коэффициент

диффузии, C – концентрация имплантированных ионов, t – время.

Исследование процессов миграции атомов вдоль поверхности проводилось с использованием волновой модели массопереноса, основанной на уравнении Максвелла-Каттанео, являющегося основополагающим для неравновесных условий. Вклад бародиффузии в массоперенос учитывалось с помощью

слагаемого $D_T \frac{\partial P}{\partial x} \frac{\partial C}{\partial x}$, здесь $D_T = DV_\theta / (kT)$, где D – коэффициент термической

диффузии, P – давление, V_θ – изменение объема, приходящееся на один атом за счет термической диффузии, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура. Ударная волна моделировалась в виде солитонного профиля

$P(x, t) = P_0 \text{ch}^{-2}((x - st) / x_0)$, где P_0 – амплитуда ударной волны, s – скорость ее распространения, x_0 – полуширина волны. Вклад в изменение концентрации компонентов за счет термодиффузии учитывался с помощью слагаемого

$$\frac{k_1}{T} \frac{\partial T}{\partial x} \frac{\partial C}{\partial x},$$

где k_1 – термодиффузионное отношение, связанное с энергией активации термодиффузии.

Изучение вклада в радиационно-стимулированный массоперенос температуры и градиента давления осуществлялось посредством варьирования времени релаксации τ , шага по времени t , амплитуды ударной волны P_0 , периода возникновения импульса w_0 , числа импульсов N_i и скорости движения границы U потока.

Формула для изменения координаты поверхности имеет вид:

$$w = \int_0^t u_g(\tau) d\tau \quad (2)$$

где $u_g(\tau)$ скорость движения границы в момент времени t .

В качестве граничных условий на подвижной границе w задавались значения концентрации в данной координате в предшествующий момент времени.

Начальные условия для значений концентрации и потока принимались на основе типичных профилей поверхности (рис. 3). В качестве допущения принималось положение о соответствии профилей профилям распределения концентрации того или иного элемента покрытия.

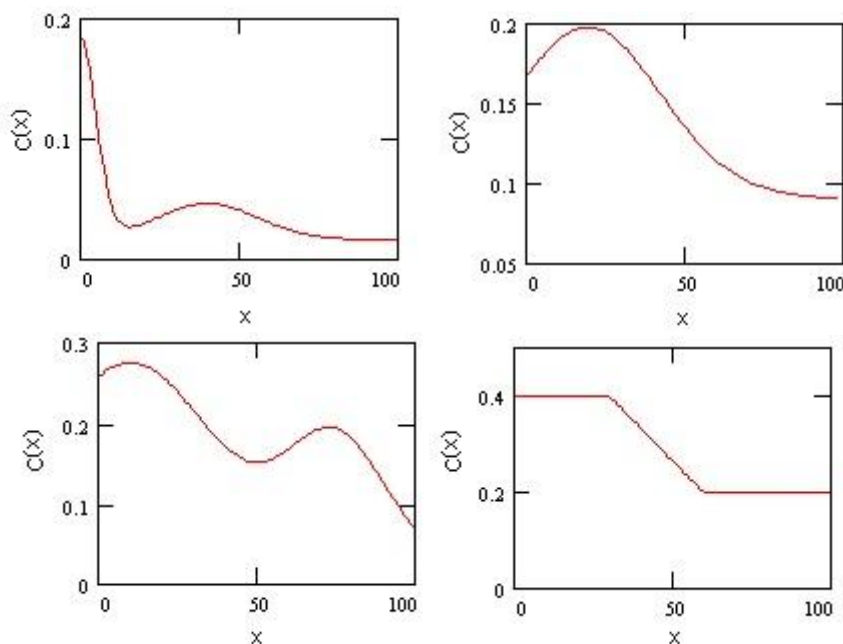


Рис. 3. Исходные профили

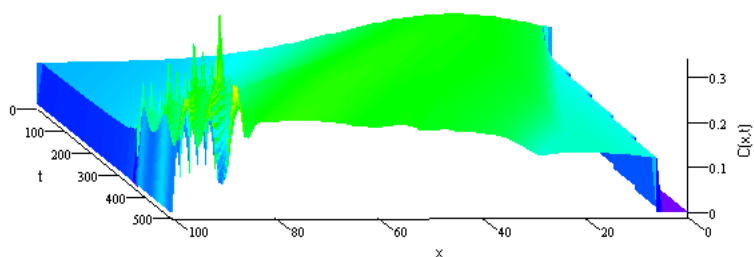


Рис. 4. Поверхность концентрации в координатах пространства x и времени t для профиля 1а. Режим моделирования: количество импульсов $N=5$; период подачи импульса $F=5$; амплитуда давления 30

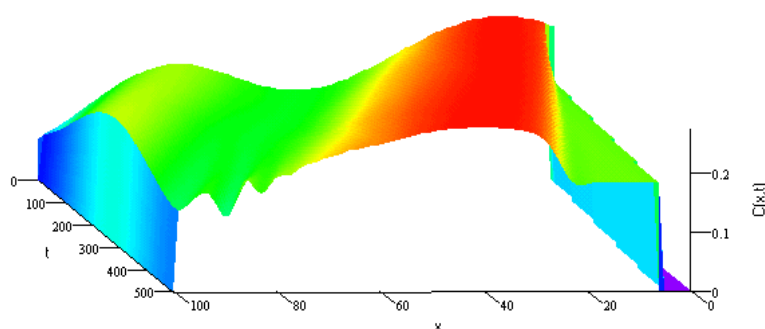


Рис. 5. Поверхность концентрации в координатах пространства x и времени t для профиля 1b. Режим моделирования: количество импульсов $N=5$; период подачи импульса $F=15$; амплитуда давления 10

Полученные результаты свидетельствуют, что для каждого из представленных структурных состояний проявляется эффект существования устойчивых динамических состояний. Согласно результатам моделирования при трансформации различных исходных профилей наблюдается единая закономерность, проявляющаяся в виде образования выраженных максимумов на разных расстояниях вдоль поверхности.

Результаты моделирования, приведенные на рисунках 4, 5 свидетельствуют, что инициирование поверхностного массопереноса, достигаемого с использованием дополнительных катодов K_2 и K_3 , приводят к

появлению концентрационных неоднородностей вдоль обрабатываемой поверхности что, тем самым, повышает вероятность формирования нанокластерных образований в локальных высокодефектных областях и наблюдаемым эффектам «слияния» кластеров с получением кластерных конгломератов.

Проведение комплексных триботехнических исследований в широких условиях трибомеханического контакта позволили разработать рекомендации по целевому использованию изделий и конструктивных элементов в соответствие со структурно-морфологическим типом покрытия (табл.1)

Таблица 1 – Условия эксплуатации трибосопряжений

№ п/п	Структурно-морфологический тип покрытия	Рекомендуемые условия эксплуатации
1	СМТ-1	Водородное изнашивание
2	СМТ-2	Адгезионное изнашивание
3	СМТ-3	Усталостное изнашивание
4	СМТ-4	Фреттинг-коррозия
5	СМТ-5	Абразивное и эрозионное изнашивание

Заключение

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных и теоретических исследований установлено, что структурно-морфологические особенности формирования наноструктурных топокомпозиционных покрытий в значительной степени определяются процессами поверхностного массопереноса, инициируемого действием плазменных потоков за счет использования расположенных под углом относительно обрабатываемой поверхности катодов. Создаваемые в результате такого воздействия концентрационные неоднородности способствуют образованию нанофаз, а при интенсификации режимов ионно-плазменной обработки приводят к появлению нанокластерных образований – конгломератов наночастиц. Тем самым открываются новые возможности управления структурно-чувствительными характеристиками данных покрытий как в направлении повышения их пластичности, так и повышения их прочности. Проведенные комплексные исследования триботехнических свойств изделий с покрытиями позволили разработать технологические рекомендации по целевому применению определенных структурно-морфологических типов покрытий в условиях преобладающих видов изнашивания и поверхностного разрушения.

Библиографический список

1. Гринберг, П.Б. Метод получения наноструктурированных топокомпозиционных элементов несущей способности конструктивных элементов энергооборудования / П.Б. Гринберг, В.Н. Горюнов, К.Н. Полещенко, Е.Е. Тарасов // Вестник Омского университета. – 2012. – № 2 (64). – С. 253-258.
2. Гринберг, П.Б. Технология нанесения наноструктурированных металлопокрытий на резинотехнические изделия / П.Б. Гринберг, К.Н. Полещенко, В.И. Суриков, Е.Е. Тарасов // Вестник Омского университета. – 2012. – № 2 (64). – С. 249-252.
3. Гринберг, П.Б. Инновационные методы и технологии повышения ресурса трибосопряжений / П.Б. Гринберг, В.Н. Горюнов, К.Н. Полещенко, Е.Е. Тарасов // Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации: матер. Международного конгресса – Омск: СибАДИ, 2013. – Кн. 3. – С.352-355.
4. Гринберг, П.Б. Разработка и получение наноструктурных топокомпозиционных / П.Б. Гринберг, Д.Н. Коротаев, К.Н. Полещенко, В.И. Суриков // Вестник СибАДИ – 2015. вып. 3 (43). – С.39-45.
5. Соболев, С.Л. Процессы переноса и бегущие волны в локально – неравновесных

системах / С.Л. Соболев // Успехи физических наук. – 1991. – Т.161 – № 3. – С. 1095 – 1106.

STRUCTURAL-MORPHOLOGICAL FEATURES OF NANOSTRUCTURAL TOPOKOMPOZITNY COVERINGS OF TRIBOTECHNICAL APPOINTMENT

K.N. Poleshchenko, D.N. Korotaev, E.E. Tarasov

Abstract. Structural-morphological features nanostructural the topokompozitnykh of coverings depending on the modes of ion-plasma processing are investigated. Classification of structural-morphological types of the coverings containing nanophases and nanocluster educations is given. On the basis of results of modeling of processes of a superficial mass transfer the reasons of formation of observed structural-morphological changes are studied. Recommendations about target application of products and constructive elements in compliance with structural-morphological type of a covering are made.

Keywords: structural-morphological features, nanostructural topokompozitny coverings, ion-plasma processing, nanophases, mass transfer, nanocluster educations.

References

1. Grinberg P.B., Goryunov V.N., Poleschenko K.N., Tarasov E.E. Metod polucheniya nanostrukturirovannih topokompozitov dlya povisheniya nesuschey sposobnosti konstruktivnih elementov energooborudovaniya [A method of receipt of nanostructured topokompozit for increase in the bearing capability of structural elements of the power equipment]. *Vestnik omskogo universiteta*, 2012, no. 2 (64), pp.253 - 258.
2. Grinberg P.B., Poleschenko K.N., Surikov V.I., Tarasov E.E. Tehnologiya nanoseniya nanostrukturirovannih metallopokritii na rezinotekhnicheskie izdeliya [Technology of drawing nanostructured metal coatings on rubber products]. *Vestnik omskogo universiteta*. – 2012, no. 2(64), pp.249-252.
3. Grinberg P.B., Goryunov V.N., Poleschenko K.N., Tarasov E.E. Innovacionnie metodi i tehnologii povisheniya resursa tribosopryazhenii [Innovative methods and technologies of increase in a resource of tribosopryazheniye]. *Arhitektura. Stroitelstvo. Transport. Tehnologii. Innovacii. Mater. Mejdunarodnogo kongressa*, Omsk, SibADI, 2013. Kn. 3. pp.352 - 355.
4. Grinberg P.B. Korotaev D.N., Poleschenko K.N., Surikov V.I. Razrabotka i poluchenie nanostrukturnih topokompozitov [Development and receipt of nanostructural topokompozit]. *Vestnik SibADI. Voi.* 3(43), 2015, pp.39 - 45.
5. Sobolev S.L. Processi perenosa i beguschie volni v lokalno – neravnovesnih sistemah.[Processes of transfer and the running waves in locally – nonequilibrium systems]. *Uspehi fizicheskikh nauk*, 1991, T.161, no. 3, pp. 1095 – 1106.

Полещенко Константин Николаевич (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор, профессор Омского института (филиала) Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова (644009, г. Омск, ул. 10 лет Октября, 195/18, e-mail: omsk@rea.ru).

Коротаев Дмитрий Николаевич (Россия, Омск) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры Эксплуатация и ремонт автомобилей ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: drums99@mail.ru).

Тарасов Евгений Евгеньевич (Россия, Омск) – ФГУП НПП «Прогресс». (644018, г. Омск, ул. Кордная 5-я, 4, e-mail: info@progress-omsk.ru).

Poleshchenko Konstantin Nikolaevich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor, professor of Omsk institute (branch) of Plekhanov Russian Academy of Economics (644009, Omsk, to st. is 10 years of October, 195/18, e-mail: omsk@rea.ru).

Korotaev Dmitriy Nikolaevich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, the associate professor, professor of the Operation chair and car repairs of The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: drums99@mail.ru).

Tarasov Evgeniy Evgen'evich (Russian Federation, Omsk) – federal state unitary enterprise NPP Progress. (644018, Omsk, Kordnaya St. the 5th, 4, e-mail: info@progress-omsk.ru).

РАЗДЕЛ IV

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.9

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ, УСТАНОВКИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ

С.А. Зырянова, О.А. Филимонова
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. Обосновывается необходимость использования автоматизированного учета за установкой и обслуживанием дорожных знаков, обеспечивающего своевременное планирование, проверку эксплуатационного состояния, замену и обслуживание технических средств организации дорожного движения. Приводится описание структуры, интерфейса и возможностей базы данных, осуществляющей автоматизированный учет количества, типов, мест, дат, гарантийных сроков установки дорожных знаков на улично-дорожной сети населенных пунктов.

Ключевые слова: дорожный знак, улично-дорожная сеть, автоматизация контроля за установкой дорожных знаков, база данных, безопасность движения.

Введение

Дорожные знаки – это одно из самых популярных и удобных средств регулирования дорожного движения в мире. При этом плохая видимость, отсутствие или неисправность дорожных знаков могут явиться основными или косвенными причинами возникновения дорожно-транспортных происшествий.

Своевременное планирование, проверка эксплуатационного состояния, замена и обслуживание дорожных знаков являются необходимым условием обеспечения безопасности на дорогах.

Автоматизация контроля за установкой и обслуживанием дорожных знаков

Согласно нормативным требованиям [1] все автомобильные дороги, а также улицы и дороги городов и других населенных пунктов должны быть оборудованы дорожными знаками, изготовленными по ГОСТ Р 52290-2004 [2] и размещенными по ГОСТ Р 52289-2004 [3] в соответствии с утвержденной в установленном порядке дислокацией.

Основными документами, в соответствии с которыми осуществляется установка дорожных знаков, являются утвержденные проекты организации дорожного движения (ПОДД) или схемы дислокации дорожных знаков и разметки, разработанные специализированными проектными организациями на основании договора с заказчиком. В качестве заказчика могут

выступать федеральные органы исполнительной власти, органы местного самоуправления, а также физические и юридические лица, в собственности которых находятся улицы или дороги. В случае необходимости проектная документация проходит проверку и утверждение в надзорных органах. В процессе рассмотрения ПОДД, в том числе осуществляется контроль правильности применения технических средств организации дорожного движения.

Для реализации проектных предложений собственники (балансодержатели) обращаются в специализированные организации, занимающиеся производством и установкой знаков, которые выполняют их изготовление и монтаж. При вводе объекта в эксплуатацию может осуществляться контроль выполнения требований ПОДД, о чем делается соответствующая запись в акте ввода объекта в эксплуатацию. Установленные знаки передаются на баланс собственникам автомобильных дорог, которые в дальнейшем должны предусматривать выделение средств для их обслуживания, ремонта или замены.

При этом опыт практической деятельности показывает наличие широкого спектра оснований для установки дорожных знаков на улично-дорожной сети (УДС). Схема, иллюстрирующая сложившийся порядок администрирования установки дорожных знаков представлена на рисунке 1.

Иные основания для установки дорожных знаков на УДС напрямую связаны с выполнением своих должностных обязанностей сотрудниками ГИБДД МВД РФ. Перечень контрольных и надзорных функций определены законом о полиции, внутренними приказами МВД и административными регламентами по службам [4]. Так, например, в обязанности службы дорожного надзора ГИБДД входит обеспечение государственного контроля за соблюдением юридическими лицами независимо от форм собственности и иными организациями, должностными лицами и гражданами Российской Федерации, иностранными гражданами, лицами без

гражданства законодательства Российской Федерации, правил, стандартов и технических норм в области обеспечения безопасности дорожного движения, которыми устанавливаются требования, в том числе, к установке и эксплуатации технических средств организации дорожного движения.

В случае выявления в процессе проведения комплексных проверок отступлений от требований к эксплуатационному состоянию улиц и дорог по условиям обеспечения безопасности дорожного движения готовится предписание, и устанавливаются сроки устранения недостатков, определенные государственным стандартом [1].

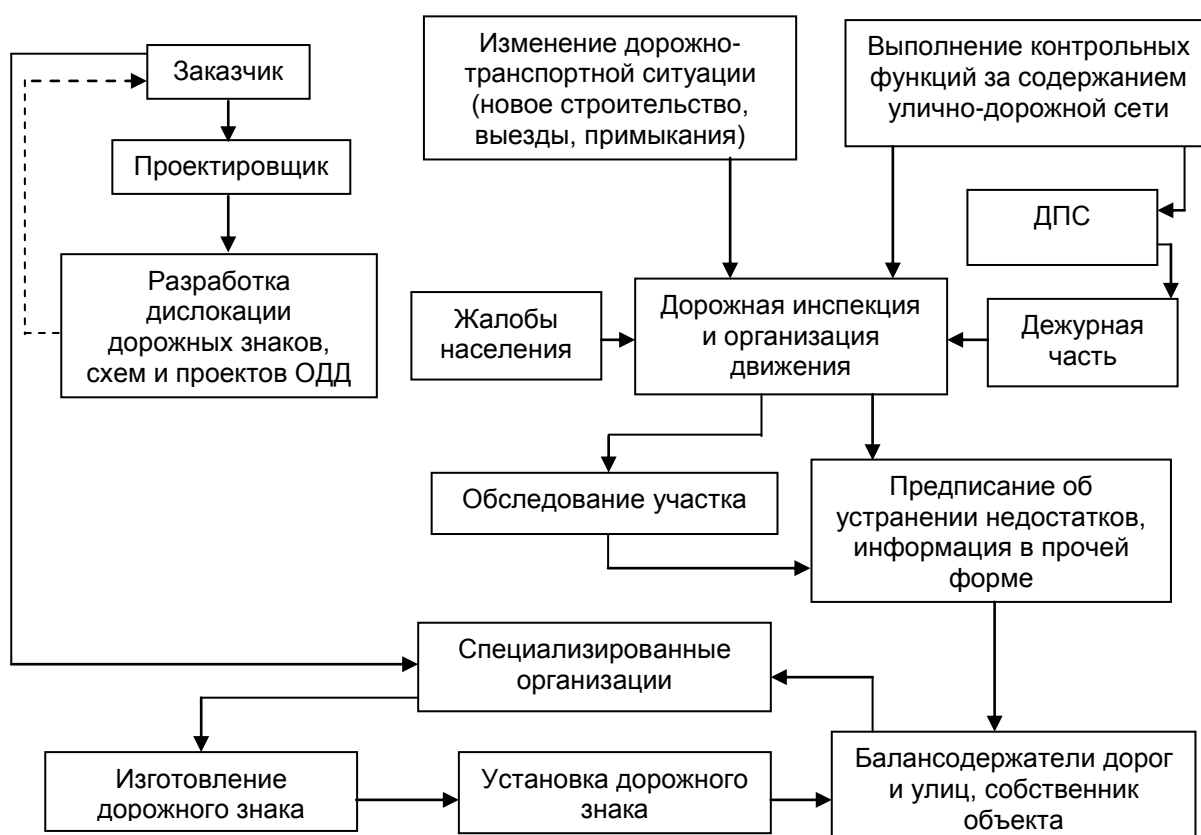


Рис. 1. Основания и порядок установки дорожных знаков на УДС

Также факты нарушений могут фиксироваться сотрудниками ГИБДД при выполнении повседневного надзора, который осуществляется в целях оперативного принятия мер к устранению возникших в процессе эксплуатации дорог недостатков, составляющих помехи движению и угрозу его безопасности, и производится инспекторами ДПС и государственными инспекторами дорожного надзора. В ходе повседневного надзора за условиями движения, в том числе контролируется состояние технических средств организации дорожного движения (знаков). При

выявлении фактов повреждения технических средств организации дорожного движения составляется протокол об административном правонарушении. При обнаружении недостатков в состоянии дорог и инженерных сооружений, создающих помехи для дорожного движения или его безопасности, инспектор ДПС докладывает о них дежурному подразделению ГИБДД, составляет акт выявленных недостатков в содержании технических средств организации дорожного движения.

Основанием для выдачи предписаний и писем об устранении недостатков в

эксплуатации или проведении работ по установке новых дорожных знаков также являются результаты проверок условий движения на конкретных участках УДС (например, в случае изменения параметров и существующих режимов движения), а также обоснованных жалобах населения и т.п.

Как показывает практика из-за большого объема проектной документации, содержащей разрозненную и часто противоречивую информацию, фактического разделения функций по изготовлению, монтажу, содержанию и контролю дорожных знаков в настоящее время отсутствует автоматизированный учет количества, типов дорожных знаков и мест их установки. Данный факт не позволяет вовремя планировать и осуществлять проверки эксплуатационного состояния дорожных знаков, осуществлять бюджетное финансирование их своевременной замены и обслуживания, что негативным образом сказывается на безопасности движениях [5].

С целью автоматизации контроля за установкой и эксплуатацией дорожных знаков на улично-дорожной сети населенного пункта

авторами была создана база данных «Учет дорожных знаков». Структура созданной базы данных содержит четыре основных модуля:

- 1) «Статистика»;
- 2) «Добавить запись»;
- 3) «Редактирование»;
- 4) «Помощь».

Возможности базы данных «Учет дорожных знаков»: хранение информации об установленных дорожных знаках на УДС города или округа, внесение информации о новых знаках, поиск знаков по критериям отбора (округ, улица) и вывод информации об их количестве, редактирование (удаление) ранее внесенной информации, вывод информации о знаках с истекшим сроком гарантии.

Интерфейс разработанной базы данных представляет собой совокупность форм, связанных между собой кнопками перехода.

Главная форма представляет собой окно для выбора основных разделов базы данных и содержит кнопки перехода к соответствующим структурным разделам. Кнопка «Выход из приложения» — осуществляет закрытие приложения (рис. 2).

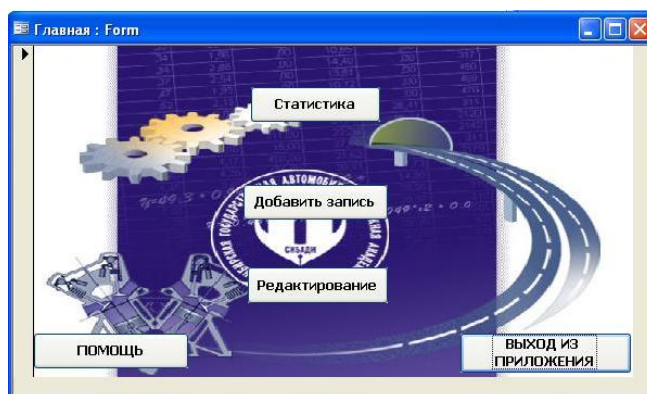


Рис. 2. Главная форма базы данных

Модуль «Помощь» является вспомогательным и при запросе выдает сведения о программе, возможных вариантах использования базы данных, порядке работы с информацией и таблицами, дает ответы на возникающие проблемы и вопросы пользователей, содержит информацию о разработчиках.

Раздел «Добавить запись» позволяет организовать ввод в базу данных сведений об установке нового дорожного знака, который осуществляется последовательным заполнением сведений в соответствующие поля формы данного раздела (рис.3).

Привязка места установки дорожного знака осуществляется по улицам, полный перечень которых в городе можно занести в

поле со списком, а также по городским округам, т.к. одна и та же улица может быть расположена в разных округах. Вторым параметром привязки знаков является номер дома (для знаков, установленных на перегонах), либо название второй улицы в случае, если знак устанавливается на перекрестке.

При наличии фотографии установленного знака имеется возможность вставки данного изображения в специально выделенное поле базы данных. Порядок действий при вставке фотографии знака зафиксирован в виде текстовой информации на поле формы. Для сохранения внесенных изменений в базу данных предусмотрена специальная кнопка «Сохранить запись».

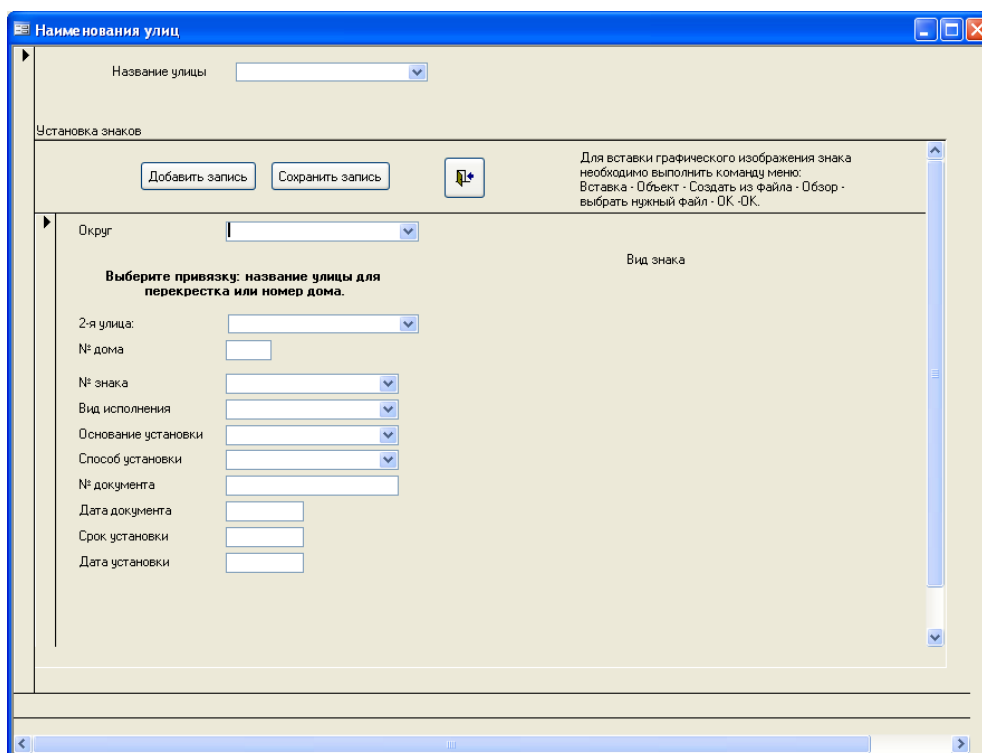


Рис. 3. Внешний вид формы раздела «Добавить запись»

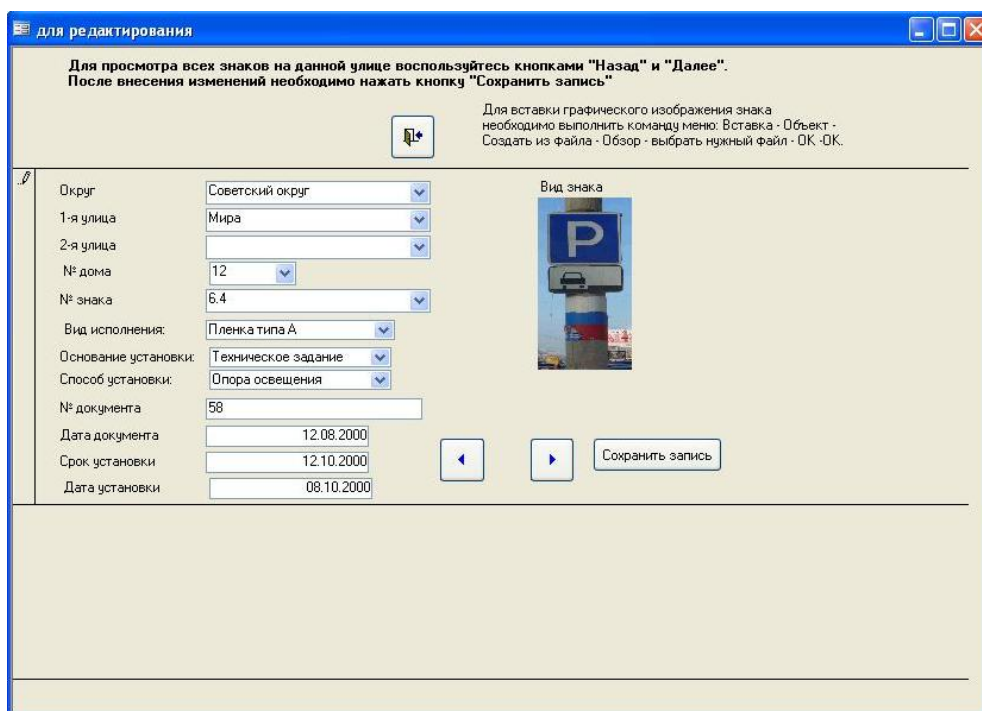


Рис. 4. Внешний вид формы раздела «Редактирование»

Раздел «Редактирование» позволяет произвести изменение сведений, содержащихся в базе данных. Для поиска соответствующей записи необходимо последовательно ввести вручную при помощи клавиатуры название улицы и номер знака, а

затем внести изменения в сведения об уже установленных знаках или удалить при необходимости ненужную информацию (рис. 4).

Раздел «Статистика» позволяет вывести статистическую информацию по городским

округам, т.к. ответственность за эксплуатацию знаков возложена на дорожно-эксплуатационные организации каждого округа. Форма этого раздела содержит кнопки «Общая статистика», «Статистика по № знака», «Знаки с истекшим гарантийным сроком».

Кнопка «Общая статистика» осуществляет вывод на экран формы, которая содержит сведения обо всех знаках в округе и по всем улицам, информация о которых внесена в базу данных. Список улиц для удобства поиска знака упорядочен и выводится в алфавитном порядке.

Кнопка «Статистика по № знака» позволяет просмотреть все знаки определенного вида на улицах выбранного округа. Для этого следует вписать номер интересующего знака в соответствующей форме, и после нажатия кнопки «ОК» открывается форма с данными и соответствующим изображением установленных знаков.

Кнопка «Знаки с истекшим гарантийным сроком» выводит форму с информацией об

истечении гарантийного срока эксплуатации дорожных знаков (рис. 5).

Цель данного раздела – информирование эксплуатационных организаций о необходимости проверки состояния дорожного знака или его замене. Расчет гарантийного срока осуществляется в зависимости от типа световозвращающей пленки, использованной при создании маски дорожного знака и соответствующих символов (его содержания), а также даты установки. Вся необходимая информация вносится в базу данных в разделе «Добавить запись».

Список знаков формируется на дату запроса (по системной текущей дате). Параметром, принятым при построении списка знаков является дата окончания гарантийного срока (по мере возрастания). В рассматриваемой форме также можно предусмотреть кнопку с соответствующим символом для вывода списка знаков на печатающее устройство (принтер).

Улица	№ знака	Вид исполнения	Способ установки	Дата установки	Дата окончания гарантии	Вид знака
Мира	8.6.1	Пленка типа А	Опора освещения	12.05.2000	12.05.2002	
Мира	6.4	Пленка типа А	Опора освещения	10.08.2000	10.08.2002	
Мира	2.1	Пленка типа А	Опора освещения	15.01.2001	15.01.2003	
Мира	2.1	Пленка типа А	Опора освещения	24.05.2000	24.05.2002	
Мира	1.21	Пленка типа Б	Опора освещения	14.02.2007	14.02.2014	

Рис. 5. Вывод информации по запросу «Знаки с истекшим гарантийным сроком»

Преимущества разработанной базы данных заключаются в ее простоте, доступном интерфейсе, возможностью работы, как опытного пользователя, так и новичка. При этом не требуется приобретение специальных программ и приложений.

База данных рассчитана на использование, прежде всего, на отдельных

рабочих местах в организациях занимающихся установкой и контролем дорожных знаков, а также у балансодержателей для финансового планирования мероприятий по замене и обслуживанию дорожных знаков.

Заключение

Описанная база данных «Учет дорожных знаков» позволяет осуществлять

автоматизированный контроль за установкой и обслуживанием дорожных знаков на улично-дорожной сети населенных пунктов. Использование комплекса позволяет значительно облегчить процедуру контроля, своевременно планировать мероприятия по замене дорожных знаков, снижает затратную часть и соответственно повышает уровень безопасности движения.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 50597-93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности движения. – Введ. 1994-07-01 – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 12 с.
2. ГОСТ Р 52290-2004. Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования. – Введ. 2006-01-01 – М.: Стандартиформ, 2006. – 130 с.
3. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – Введ. 2006-01-01 – М.: Стандартиформ, 2005. – 102 с.
4. Приказ Министерства внутренних дел Российской Федерации N 380 от 30 марта 2015 г. «Об утверждении Административного регламента Министерства внутренних дел Российской Федерации исполнения государственной функции по осуществлению федерального государственного надзора в области безопасности дорожного движения в части соблюдения требований законодательства Российской Федерации о безопасности дорожного движения, правил, стандартов, технических норм и иных требований нормативных документов в области обеспечения безопасности дорожного движения при строительстве, реконструкции, ремонте и эксплуатации автомобильных дорог». (Зарегистрировано в Минюсте России 07.05.2015 N 37154) [Электронный ресурс] // ИПО ГАРАНТ / ООО НПП ГАРАНТ-СЕРВИС-УНИВЕРСИТЕТ. – Версия 8.00.1.011.
5. Зырянова, С. А. Учет технических средств организации дорожного движения с использованием информационных технологий / С.А. Зырянова, Е.П. Филимонов, О.А. Филимонова // Транспортные системы Сибири. Развитие транспортной системы как катализатор роста экономики государства. Международная научно-практическая конференция (Красноярск, 7–8 апреля 2016 г.): сборник научных трудов : в 2-х ч. / под общ. ред. В. В. Минина. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2016. – Ч. 2 – С. 626-630.

DEVELOPMENT OF A DATABASE FOR THE AUTOMATED CONTROL, INSTALLATION AND MAINTENANCE OF ROAD SIGNS

S.A. Zyryanova, O.A. Filimonova

Abstract. The necessity of the use of automated accounting for the installation and maintenance of traffic signs, providing timely planning, verification of operational status, replacement and maintenance of technical means of traffic management. The description of the structure, interface and database options, perform an automated count of the number, types, locations, dates, warranty periods installation of traffic signs on the road network of settlements.

Keywords: road sign, street and road network, automation control the installation of traffic signs, databases, traffic safety.

References

1. GOST R 50597-93. *Avtomobil'nye dorogi i ulicy. Trebovanija k jekspluatacionnomu sostojaniju, dopustimomu po uslovijam obespečenija bezopasnosti dvizhenija* [State standard 50597 93. Highways and streets. Requirements for operational states, permissible under the terms of traffic safety]. Moscow, Izd-vo standartov, 1993. 12 p.
2. GOST R 52290-2004. *Tehnicheskie sredstva organizacii dorozhnogo dvizhenija. Znaki dorozhnye. Obshhie tehnicheckie trebovanija* [State standard R 52290 2004. Technical means of traffic management. Traffic signs. General technical requirements]. Moscow, Standartinform, 2006. 130 p.
3. GOST R 52289-2004. *Tehnicheskie sredstva organizacii dorozhnogo dvizhenija. Pravila primenenija dorozhnyh znakov, razmetki, svetoforov, dorozhnyh ograzhdenij i napravljajushchih ustrojstv* [GOST R 52289 2004. Technical means of traffic management. Rules of road signs, markings, traffic lights, road barriers and guiding devices]. Moscow, Standartinform, 2005. 102 p.
4. The Order of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation N 380 of March 30, 2015 "On approval of the Administrative Regulations of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, fulfillment of state functions for the implementation of the federal state supervision in the field of road safety in terms of compliance with the requirements of Russian legislation on road safety, rules, standards, technical regulations and other requirements of the regulatory documents in the field of road safety in the construction, reconstruction, repair and operation of highways" (Registered in the Ministry of Justice of Russia 07.05.2015 N 37154. IPO GARANT.
5. Zyryanova S.A., Filimonov E.P., Filimonova O.A. [Consideration of technical means of traffic management using information technology]. *Transportnye sistemy Sibiri. Razvitie transportnoj sistemy kak katalizator rosta jekonomiki gosudarstva. Mezhdunarodnaja nauchno-praktičeskaja konferencija (Krasnojarsk, 7–8 aprelja 2016): sbornik nauchnyh trudov: v 2-h ch.* Krasnojarsk: Sibirskij federal'nyj universitet, 2016. pp. 626-630.

Зырянова Светлана Анатольевна (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Информационные технологии ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: svetazyr55@mail.ru).

Филимонова Ольга Алексеевна (Омск, Россия) – старший преподаватель кафедры Информационные технологии ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: deryabina@mail.ru).

Zyryanova Svetlana Anatolyevna (Russian Federation, Omsk) – candidate technical sciences, Ass. Professor, The Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira, 5, e-mail: svetazyr55@mail.ru).

Filimonova Olga Alekseevna (Russian Federation, Omsk) – Senior Lecturer, The Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira, 5, e-mail: deryabina@mail.ru).

УДК 621.879

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ГИДРОПРИВОДА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ КОПАНИЯ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА

В.В. Савинкин¹, В.Н. Кузнецова²

¹ ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск;

² Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева,
г. Петропавловск, Казахстан.

Аннотация. Технологические возможности такой землеройной машины, как экскаватора, зависят от мощности силовой установки, вида рабочего оборудования, вместимости ковша и системы его привода. Показателями эффективности работы экскаватора являются производительность, КПД гидропривода, затрачиваемая мощность на единицу объема разрабатываемого грунта, экономичность, минимальное время рабочего цикла и состояние гидропривода. В статье представлены результаты исследований внутренней энергии гидропривода, понимание которой интерпретировалось через принцип распределения мощности гидропривода и силовой установки. Установлены наиболее энергоемкие операции, вызывающие перенапряжение элементов силовой установки и гидропривода. Предложенная научная концепция повышения энергоэффективности одноковшового экскаватора через перераспределение мощности позволила расширить базу знаний в области эффективности эксплуатации землеройных машин.

Ключевые слова: одноковшовый экскаватор, энергоэффективность, мощность, гидропривод, энергоемкость.

Введение

В процессе исследования энергоэффективности экскавации грунтовой среды экскаватор рассматривался как сложная иерархическая система, включающая основные подсистемы силовая установка, рабочее оборудование и гидропривод. При эксплуатации экскаватора гидропривод должен обеспечить мощность, достаточную для преодоления всех сопротивлений, возникающих в исполнительных механизмах при энергонапряженных режимах копания. При этом наибольшая часть силы копания расходуется на резание грунта и перемещение собственных масс. Таким образом, сопротивление грунта резанию доминирует в составе суммарного рабочего

сопротивления землеройных машин [1-4]. Значит, при выполнении земляных работ актуально повторно использовать энергию потока рабочей жидкости и эффективно перераспределять мощность по элементам экскаватора в соответствии с энергоемкостью операций. Следовательно, цель исследований заключается в оптимизации эксплуатационных и технологических параметров систем одноковшового экскаватора, влияющих на снижение энергоемкости процессов.

Результаты теоретических и практических исследований

Один из основных показателей эффективности работы гидропривода – его КПД. Производство КПД гидромашин, или отношение полезной мощности гидропривода

(гидродвигателя) к затрачиваемой мощности гидропривода (насоса), характеризует КПД гидропривода в целом. Рассмотрим

энергетическую структуру гидропривода с учетом основных элементов системы (рис. 1).

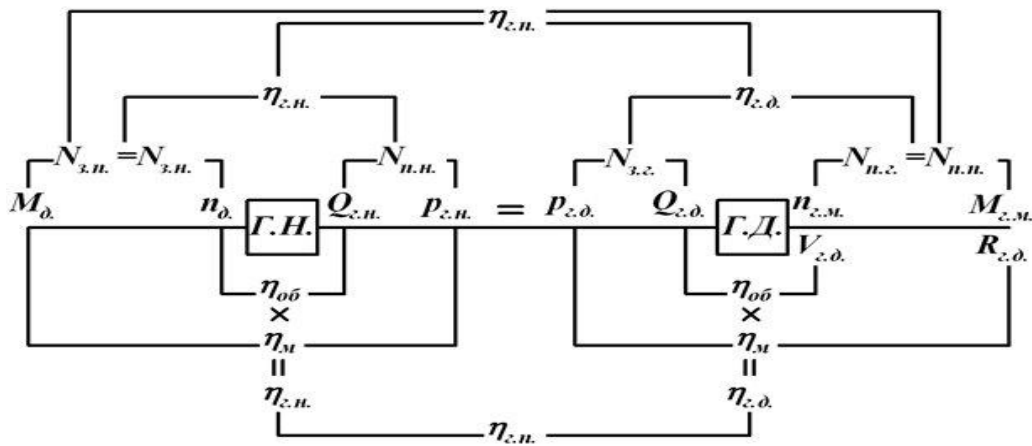


Рис. 1. Энергетическая структура объемного гидропривода

Энергетическая структура объемного гидропривода описана с учетом следующих параметров: Г.Н. и Г.Д. – гидронасос и гидродвигатель; $M_{д.}$ и $n_{д.}$ – момент и частота вращения вала гидронасоса; $Q_{з.н.}$ и $P_{з.н.}$ – подача и давление на выходе гидронасоса; $Q_{з.д.}$ и $P_{з.д.}$ – расход и давление на выходе гидродвигателя; $M_{з.м.}$ и $n_{з.м.}$ – крутящий момент и частота вращения вала гидромотора; $R_{з.ц.}$ и $V_{з.ц.}$ – сила и скорость перемещения штока гидроцилиндра; $N_{з.н.}$ и $N_{п.н.}$ – затрачиваемая и полезная мощности гидронасоса соответственно; $N_{з.д.}$ и $N_{п.д.}$ – затрачиваемая и полезная мощности гидродвигателя соответственно; $N_{з.п.}$ и $N_{п.п.}$ – затрачиваемая и полезная мощности гидропривода соответственно; $\eta_{об}$ и $\eta_{м}$ – объемный и механический КПД гидромашин; $\eta_{з.н.}$ и $\eta_{з.д.}$ – общий КПД гидронасоса и гидродвигателей; $\eta_{з.п.}$ – КПД гидропривода.

Разработанная математическая модель процесса копания грунта (внедрение, подъем и опускание) [5] позволила установить наиболее энергоемкую операцию в разных точках позиционирования рабочего оборудования. По результатам теоретических исследований [4-6] обнаружено, что в динамической модели рабочего оборудования экскаватора наиболее сложными для интерпретации являются энергонапряженные переходные процессы. Исследование процесса изменения мощностных и силовых характеристик гидропривода позволит обосновать

закономерность распределения внутренней энергии по его гидроэлементам в соответствии с выполняемой работой, формирующей удельную энергоемкость процесса копания.

Значит, управляя траекторией движения оборудования на основе эффективного перераспределения мощности, можно изменять энергоемкость процесса копания, а, следовательно, и адаптировать его к удельным затратам. Как ранее отмечено, важным показателем эффективности работы экскаватора является удельная мощность гидропривода на единицу вместимости ковша. Поэтому с целью проектирования рабочего оборудования получены зависимости между геометрическими параметрами ковша экскаватора и мощностными характеристиками гидропривода:

$$B_K = 0,930 \cdot \sqrt[3]{N_{ном}^{еп}} - 1,211 \quad (1)$$

где B_K – ширина ковша; $N_{ном}^{ен}$ – номинальная мощность гидропривода.

Таким образом, геометрия ковша определяет условия энергоэффективной работы гидроцилиндров рабочего оборудования, а также предопределяет технические и технологические параметров гидропривода и его элементов при наполнении грунтом.

Энергоемкость процесса копания при работе рукояти оценим удельной энергией, затраченной на единицу разрабатываемого грунта:

$$E = \frac{A_{1-5} \cdot t_{пов}}{q_k} \quad (2)$$

В исследованиях выполняемая работа интерпретируется через силовые характеристики гидроцилиндра, зависящие от давления в гидроприводе. Значит,

необходимо установить зависимости между основными параметрами экскаватора при взаимодействии с разрабатываемым грунтом (рис. 2, 3).

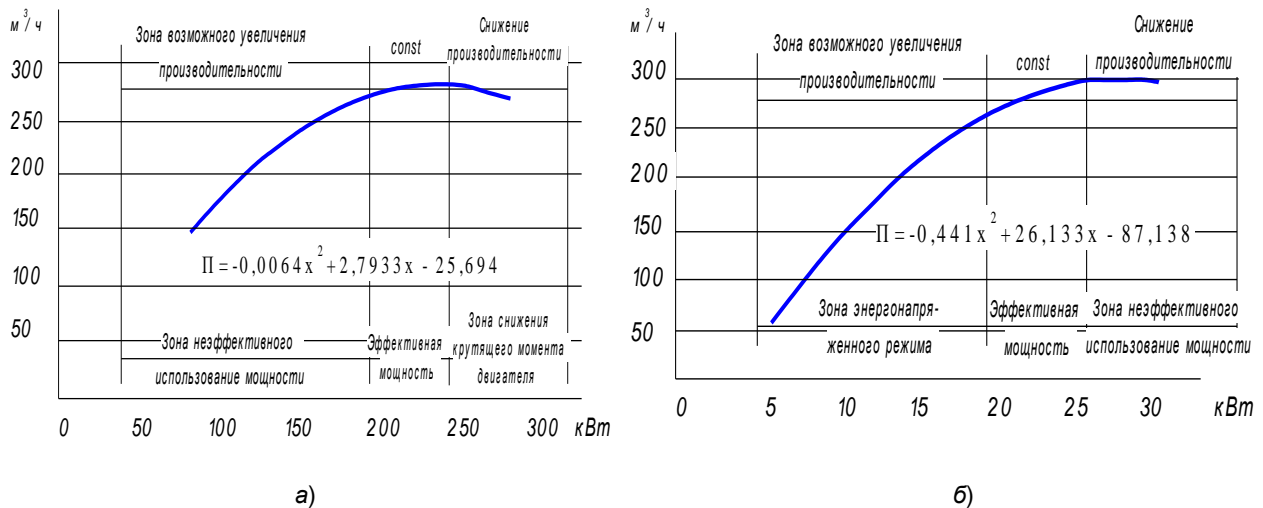


Рис. 2. Графики зависимости производительности экскаватора от затрачиваемой мощности: а) двигателя и б) гидропривода

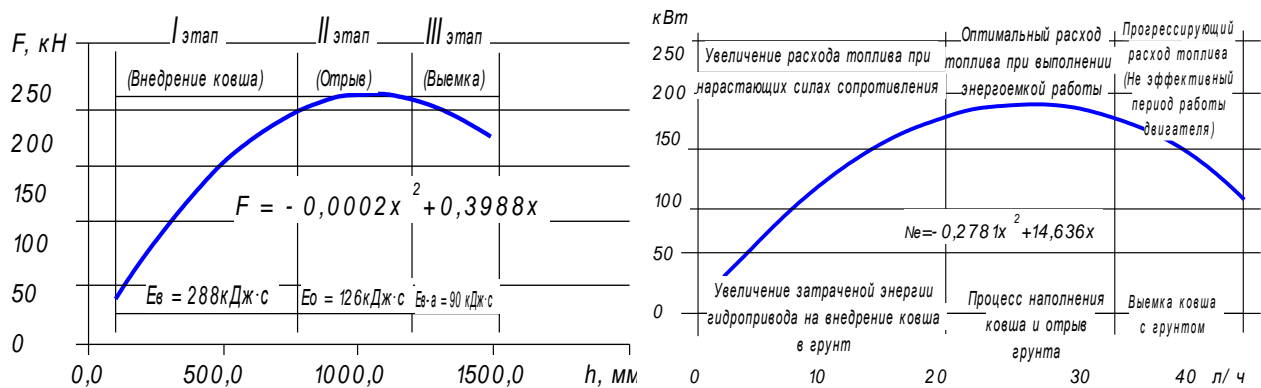


Рис. 3. Зависимости основных технологических параметров экскаватора от силовых и мощностных характеристик его систем

На рисунке 2 представлены установленные функциональные зависимости производительности от мощности гидропривода $P_э = 0,441 + 26,13 N_{e.п.} - 87,14$ и мощности двигателя $P_д = 0,0064 N_e^2 + 2,79 N_e - 25,694$. Анализируя зависимости установлено, что сила копания ковшом возрастает до значений $R_k = 200-230$ кН и пропорциональна мощности гидропривода $N_{e.п.} = 21-25$ кВт. Взаимодействие силовой установки и гидропривода обеспечивает

установившуюся производительность экскаватора $P_э = 280$ м³/ч, соответствующую оптимальным энергетическим затратам (см. рис. 2). По результатам исследования разработана номограмма изменения мощностных характеристик гидропривода $N_{e.п.}$ и силовой установки N_e от реакции силы копания $F_{ковш}$ при различных положениях ковша $S_{п.гц.к}$ (рис. 4).

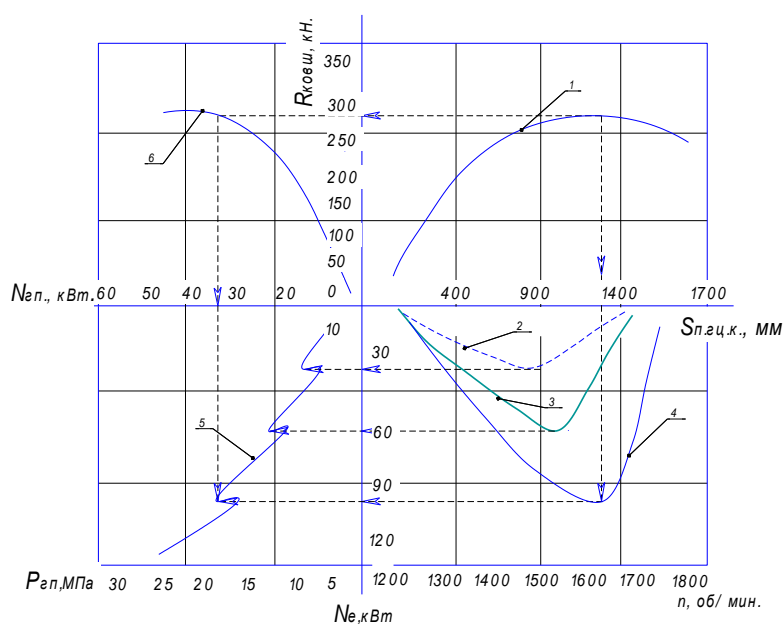
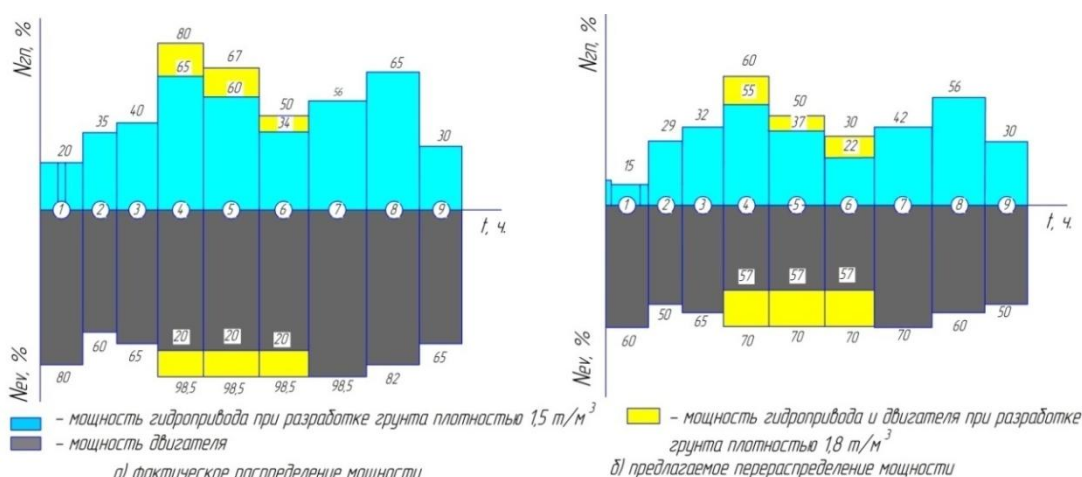


Рис. 4. Номограмма для определения зависимости изменения мощностных характеристик гидропривода $N_{г.п.}$ и силовой установки N_e от силы копания $R_{ковш}$ при разных положениях ковша $S_{п.ц.к.}$:

1 – кривая зависимости силы копания $R_{ковш}$ от хода поршня $S_{п.ц.к.}$ (положение ковша); 2 – кривая зависимости мощности двигателя N_e от частоты вращения коленчатого вала n при передвижении экскаватора; 3 – кривая зависимости мощности двигателя N_e от частоты вращения коленчатого вала n при повороте платформы; 4 – кривая зависимости мощности двигателя N_e от частоты вращения коленчатого вала n при работе рабочим оборудованием; 5 – кривая зависимости давления гидропривода $P_{г.п.}$ от мощности двигателя N_e ; 6 – кривая зависимости мощности гидропривода $N_{г.п.}$ от силы копания $R_{ковш}$

Из номограммы видно, что максимальные значения мощности гидропривода $N_{г.п.} = 35 - 42$ кВт и двигателя $N_e = 102 - 105$ кВт достигаются при эксплуатации рабочего оборудования экскаватора (кривая 4). Номинальная мощность обеспечивает устойчивый режим работы оборудования при давлении гидропривода $P_{г.п.} = 17,5$ МПа и оборотах коленчатого вала $n = 1680$ об/мин. Пик нагрузок наблюдается при выходе штока гидроцилиндра ковша в пределах $S_{п.ц.к.} = 900 - 1350$ мм (кривая 1), что характеризует положение ковша в момент внедрения в грунт. После внедрения следуют операции «отрыв» и «выемка» грунта, которые сопровождаются значительным снижением мощности двигателя до $N_e = 65$ кВт и гидропривода $N_{г.п.} = 21$ кВт соответственно. При этом наблюдается

увеличение хода поршня $S_{п.ц.к.} = 1700$ мм (кривая 1) и снижение силы копания до 95 кН, что соответствует положению ковша, наполненного грунтом. Из номограммы (кривые 4, 5 и 6) видно, что энергоёмкость процесса высока только при внедрении ковша в грунт. Вторая и третья части операции (поворот и выемка) требуют меньших затрат энергии, однако силовая установка и гидропривод работают практически на тех же высоконагруженных режимах (рис. 3). Таким образом, перераспределение мощности силовой установки и гидропривода в соответствии с энергоёмкостью операций экскавации позволит повысить эффективность работы экскаватора. Для обеспечения адекватной оценки принципа распределения мощности гидропривода и силовой установки в зависимости от рабочих операций построена гистограмма распределения мощности (рис. 5).



Последовательность операций:

- 1 – Разгон, поворот платформы с рабочим оборудованием к забою и торможение;
- 2 – Опускание рабочего оборудования в забой;
- 3 – Поворот ковша к грунту;
- 4 – Внедрение зубьев и режущей кромки ковша в грунт;
- 5 – Резание грунта и наполнение ковша;
- 6 – Выемка загруженного ковша из забоя;
- 7 – Подъем оборудования с загруженным ковшом;
- 8 – Разгон поворот и торможение платформы, перемещение оборудования;
- 9 – Выгрузка ковша.

Рис. 5. Распределение мощности гидропривода и силовой установки

Исследования показали, что величина энергоемкости разработки грунтов землеройными машинами зависит не только от физико-механических свойств грунта, но и от конструктивных особенностей, схем включения гидроэлементов, мощностного баланса, а также изменения начальных параметров гидропривода в процессе эксплуатации.

Заключение

1. Обоснованы оптимальные соотношения между параметрами гидропривода и силовой установки экскаватора при выполнении технологических операций, позволяющие снизить энергоемкость рабочего процесса экскаватора. Установлены функциональные зависимости мощностных, силовых и эксплуатационных характеристик при разработке грунта, обеспечивающие получение новых результатов оценки и обоснования эффективности протекания технологического процесса работы одноковшового экскаватора.

2. Использование 50-60 % полезной мощности гидропривода в технологическом процессе свидетельствует о значительном резерве повышения потенциала экскаватора. Полезная мощность (энергия) обосновывает выбор рациональных режимов работы экскаватора, в том числе с учетом производительности, соответствующей энергетическим затратам на единицу объема разрабатываемого грунта.

3. Применительно к проблематике исследований раскрыты противоречия и несоответствия технологических параметров экскаватора с энергоэффективностью функционирования его систем.

Библиографический список

1. Кузнецова, В.Н. Развитие научных основ взаимодействия контактной поверхности рабочих органов землеройных машин с мерзлыми грунтами: дис.... д-ра техн. наук / В.Н. Кузнецова. – Омск: СибАДИ, 2009. – 259 с.
2. Савинкин, В.В. Развитие теории энергоэффективности одноковшового экскаватора: дис.... д-ра техн. наук / В.В. Савинкин. – Омск: СибАДИ, 2016. – 390 с.
3. Lee S.U. Control of a heavy-duty robotic excavator using time delay control with integral sliding surface / S.U. Lee, P.H. Chang // Control Engineering Practice. – 2002. – Т. 10. – № 7. – pp. 697–711.
4. Кузнецова, В.Н. Обоснование критериев оценки эффективности экскаватора KOMATSU PC300 / В.Н. Кузнецова, В.В. Савинкин // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 3. – С. 9-12.
5. Кузнецова, В.Н. Исследование энергоемкости экскавационного цикла землеройной машины / В.Н. Кузнецова, В.В. Савинкин // Известия высших учебных заведений. Строительство.– 2014. – № 8 (668). – С. 60– 68.
6. Seward D. Safety analysis of autonomous excavator functionality. / D. Seward, C. Pace, R. Morrey, I. Sommerville // Reliability Engineering & System Safety. –2000. – Т. 70. – № 1. – С. 29–39.

DISTRIBUTIONS OF POWER OF THE POWER PLANT OF THE HYDRAULIC ACTUATOR IN TECHNOLOGICAL PROCESS OF DIGGING ODNOKOVSHOVY EXCAVATOR

B.H. Kuznetsova, V.V. Savinkin

Abstract. Technological capabilities such digger is the excavator, depend on the power of the power plant, the type of work equipment, bucket capacity and drive systems. Performance indicators are excavator productivity, efficiency hydraulic drive expended power per unit volume of soil being developed, cost, minimal cycle times and state of the hydraulic drive. The article presents the results of the hydraulic drive of the internal energy research, which has been interpreted through an understanding of the power distribution principle of the hydraulic drive and the power plant. Established the most energy-intensive operation, causing overvoltage elements of the power plant and the hydraulic drive. Proposed the scientific concept of energy efficiency increase shovel capacity through redistribution allowed to expand the knowledge base in the field of efficiency of operation of earthmoving machinery.

Keywords: shovel, energy efficiency, power, hydraulic, power consumption.

References

1. Kuznetsova V.N. *Razvitie nauchnyh osnov vzaimodejstviya kontaktnoj poverhnosti rabochih organov zemlerojnyh mashin s merzlymi gruntami dis d-ra tehn. nauk* [Development of scientific bases of interaction of the contact surface of the working bodies of earth-moving machines with the frozen soil: dis Dr. tehn. sciences]. Omsk, 2009. 259 p.
2. Savinkin V.V. *Razvitie teorii jenergojeffektivnosti odnokovshovogo jekskavatora diss d-ra tehn. nauk* [Development of energy efficiency theory shovel Dis Dr. tehn. sciences]. Omsk, 2016. 390 p.

3. Lee S.U. Control of a heavy-duty robotic excavator using time delay control with integral sliding surface / S.U. Lee, P.H. Chang // *Control Engineering Practice*. – 2002. – Т. 10. – № 7. – pp. 697–711.

4. Kuznetsova V.N., Savinkin V.V. *Obosnovanie kriteriev ocenki jeffektivnosti jekskavatora KOMATSU PC300* [Justification criteria for evaluating the effectiveness of the excavator KOMATSU PC300]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2014, no 3. pp. 9-12.

5. Kuznetsova V.N., Savinkin V.V. *Issledovanie jenergoemkosti jekskavacionnogo cikla zemlerojnoj mashiny* [Research of power consumption of an excavation cycle of the digging car]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo*, 2014, no 8 (668). pp. 60– 68.

6. Seward D. Safety analysis of autonomous excavator functionality. / D. Seward, C. Pace, R. Morrey, I. Sommerville // *Reliability Engineering & System Safety*. –2000. – Т. 70. – № 1. – С. 29–39.

Савинкин Виталий Владимирович (Казахстан, г. Петропавловск) – кандидат технических наук, доцент Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева (150000, Казахстан, Петропавловск, ул. Пушкина, 86).

Кузнецова Виктория Николаевна (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, ул. Мира, 5, e-mail: dissovetsibadi@bk.ru).

Savinkin Vitaliy Vladimirovich (Kazakhstan, Petropavlovsk) – candidate of technical sciences, of The North Kazakhstan state university of M. Kozybayev (150000, Kazakhstan, Petropavlovsk, Pushkin St., 86).

Kuznetsova Viktoria Nikolaevna (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: dissovetsibadi@bk.ru).

РАЗДЕЛ V

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 338.46

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОКАЗАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ

В.Е. Калугин

ФГБОУ ВО «СибАДИ», Омск, Россия.

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы расширения охвата государственными услугами. С целью повышения качества и увеличения доли рынка государственных услуг, предлагается руководствоваться принципами менеджмента качества. Для оценки качества оказываемых услуг рекомендовано использовать систему единичных показателей, позволяющей дать комплексную оценку качества государственных услуг в сфере содействия занятости на основе векторной интерпретации заявленных потребностей и фактических достигнутых результатов. Приведены данные об изменении доли охвата государственными услугами неработающего населения и работодателей.

Ключевые слова: качество, государственная услуга, потребитель, единичные показатели, комплексная оценка качества государственных услуг, сфера содействия занятости.

Введение

Большинство ученых, в настоящее время, связывают с удовлетворением определенных ожиданий и запросов потребителей понятие «качество» в отношении того или иного товара или услуги [1, 2]. В конечном итоге, рассматривая государственную услугу как услугу, востребованную потребителем, услугу, необходимую ему и оцениваемую им, необходимо использовать данное понятие и принципы управления качеством для сближения интересов субъектов и объектов оказания государственных услуг. Тем более что имеет место дефицит доверия со стороны потребителей к структурам, оказывающим государственные услуги. Причинами снижения числа обращений становятся не только экономическая ситуация, но и неудовлетворенная потребность получателей государственных услуг, что напрямую связано с невысоким качеством их оказания.

Действия, ориентированные на качество во всех его проявлениях, предполагают выработку и реализацию подходов, нацеленных на достижение баланса интересов государства, потребителей, партнеров, собственников, персонала организации, а также общества в целом. Достижение такого баланса, а также вовлечение как можно большего количества объектов оказания государственных услуг в

сферу влияния государства, служит определенной гарантией социального спокойствия, устойчивого развития и постоянного совершенствования деятельности государственных учреждений в условиях нестабильной экономики и существования в большей степени противоречивых позиций заинтересованных сторон.

Внедрение принципов менеджмента качества при оказании государственных услуг

Сторонами, заинтересованными в предоставлении государственных услуг и в деятельности государственных учреждений, являются три стороны, а именно: государство; объект оказания государственных услуг (население, работодатели); субъект (персонал государственного учреждения).

При наличии общего интереса и мотива у указанных сторон для достижения конечной цели, каждая из них стремится решить свои задачи исходя в первую очередь из собственных интересов и выгоды.

Государство, формулируя необходимые меры и стандарты оказания государственных услуг, действует в рамках, позволяющих и обеспечивающих выполнение взятых обязательств, в пределах утвержденных государственного и региональных бюджетов,

что зачастую не всегда или не в полном объеме обеспечивает удовлетворенность тех ради кого разрабатываются эти меры и стандарты.

Население (работники) и работодатели, представляющие одну из сторон и являющиеся по «законам рынка» непримиримыми и взаимодействующими только на основе компромисса субъектами, и объединенными равенством права на получение результатов разработанных мер, стандартов и услуг, предлагаемых государством. Эта группа требует, как правило, больших льгот и преференций со стороны государства зачастую и обвиняя государство в возникновении своих проблем.

И, наконец, персонал государственного учреждения, который реализует свои функции в рамках жесточайших ограничений, таких как бюджет и доведенные сметы, административные регламенты, государственные задания, выбор (по довольно противоречивой схеме) на конкурсной основе поставщиков услуг и многие другие.

Основной целью функционирования любого государственного учреждения становится цель не собственно предоставление государственных услуг для желающих и имеющих право на получения данной услуги, а выполнение государственных заданий в рамках доведенных «контрольных цифр», лимитов, «освоение под ноль» выделенных средств, оцениваемых показателями эффективности деятельности государственных учреждений. У персонала государственного учреждения и у его руководителя в данном случае проявляется и формируется интерес к выполнению государственных заданий, установленных на объем и число оказанных услуг, успешность выполнения которых и их эффективность зачастую не интересует потребителей государственных услуг. Потому в качестве главного интереса персонала организации выступает забота о выполнении государственного задания, а не удовлетворенная потребность.

Таким образом, в целях обеспечения устойчивого развития и совершенствования системы оказания государственных услуг было выявлено, что единственным условием, которое обеспечит объединение интересов всех сторон, является условие предоставления качественной услуги, однако, каждая из сторон понимает качество по-своему.

Действующие нормативно-правовые акты регламентируют порядок оценки качества оказания государственных услуг,

предполагающий установление доли потребителей, удовлетворенных качеством оказания государственной услуги, определяемой на основе опросов потребителей государственной услуги [3]. Формально оценка качества предоставляемых государственных услуг производится сотрудниками государственных учреждений путем проведения опросов [4]. Но обеспечивается ли при этом «обратная связь», дает ли это повод для улучшений, устранения несоответствий – вопрос остается открытым. Опыт показывает, что инструментарий, «выхваченный» из системы и не взаимодействующий с компонентами системы, не обеспечивает достижение желаемого результата в части обеспечения качества оказания государственных услуг. Подтверждением на основе многолетнего опыта работы в сфере оказания государственных услуг по содействию занятости населения может служить устойчивое отсутствие интереса граждан и работодателей к услугам государственной службы занятости. Эта тенденция наглядно может быть проиллюстрирована данными, которые были предоставлены специалистами Главного управления государственной службы занятости населения Омской области на основе многолетних наблюдений.

Анализируя динамику изменения доли охвата государственными услугами неработающего населения Омской области с 1991 года по настоящее время, было установлено, что она изменялась от 44,5 % в 1995 году и до 8,95 % в 1999 году. В последние годы доля охвата неработающих граждан имела тенденцию к снижению, и ее размер в настоящее время составляет 16-17 % [5].

Не очень привлекательно выглядят результаты взаимодействия органов государственной службы занятости с работодателями Омской области, и в большей степени с работодателями города Омска, интерес которых к качественным государственным услугам в условиях кризиса должен расти. Данные подтверждающие указанные тенденции приведены в таблицах 1 и 2, согласно которым доля охвата государственными услугами работодателей Омской области составляет от 7% до 3%, а доля работодателей города Омска лишь 2,6 – 1,5% [5]. И это при наличии обязанности регулярно, в соответствии с Законом предоставлять информацию о наличии и отсутствии вакантных рабочих мест в органы государственной службы занятости населения [6].

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Таблица 1 – Число учтенных в территориальном разделе Статрегистра Росстата хозяйствующих субъектов всех видов экономической деятельности (без учета индивидуальных предпринимателей), единиц

	Январь 2015 года	Апрель 2015 года	Июль 2015 года	Ноябрь 2015 года	Январь 2016 года
Всего по Омской области	49 261	49 689	50 078	50 290	50 621
В том числе по городу Омску	39 607	40 072	40 508	40 862	41 238

Таблица 2 – Количество работодателей, заявивших сведения в службу занятости населения Омской области о потребности в работниках для замещения свободных мест (вакантных должностей), единиц

	Январь – декабрь 2015 года	Январь – февраль 2016 года
Всего по Омской области	3517	1556
В том числе по городу Омску	1036	597

Ставя задачу максимального охвата государственными услугами потенциальных потребителей этих услуг и, исходя из наличия устойчивого интереса к получению данной услуги у населения и работодателей, есть смысл ориентироваться на известные принципы менеджмента качества, реализация которых при оказании государственных услуг позволит обеспечить им необходимое качество и привлечь потребителей (табл.3) [1].

Таблица 3 – Практическая реализация принципов менеджмента качества стандартов ИСО серии 9001 при оказании государственных услуг

№ п/п	Принципы менеджмента качества	Реализация принципа
1	Системный подход к управлению	основополагающий принцип, предполагающий управление качеством как системой взаимосвязанных процессов, предназначенных для достижения заданной цели
2	Ориентация государственного учреждения на потребителя	систематически выявлять требования и ожидания потребителей государственных услуг для их планирования
		установить «обратную связь» с потребителем для оценки его удовлетворенности
		разработать методики оценки качества оказания государственных услуг
3	Ведущая роль руководства	сформулировать долгосрочную политику по вопросам качества оказания государственных услуг
		информировать персонал о политике и целях государственного учреждения в области качества оказания государственных услуг
4	Вовлечение персонала	мотивировать сотрудников на постоянное улучшение качества
		разработать методы количественной оценки работы сотрудников
		обеспечивать обучение и тренинг сотрудников, установить периодичность аттестации сотрудников
		стимулировать творчество и инициативу сотрудников
5	Процессный подход	определить бизнес-процессы, влияющие на качество государственных услуг
		идентифицировать связи процессов с функциями в государственном учреждении
		назначить «владельца» процесса с полной ответственностью за управление им

№ п/п	Принципы менеджмента качества	Реализация принципа
6	Постоянное улучшение	проводить регулярный внутренний аудит системы менеджмента качества для выявления резервов улучшения
		фиксировать и анализировать все несоответствия, возникающие в процессе оказания государственных услуг
		фиксировать и анализировать результативность предпринятых корректирующих и предупреждающих действий
7	Фактический подход к принятию решений	принимать решений на основе анализа реальных данных и информации путем документирования бизнес-процессов, влияющих на качество оказания государственных услуг
8	Взаимовыгодные отношения с поставщиками	оценивать субподрядчиков по качеству предоставляемых ими услуг

Анализируя перечисленные выше принципы и формы их реализации, не возникает необходимость уточнения, детализации и дополнительных исследований по большей части примеров реализации указанных принципов. Однако в связи с ориентацией государственного учреждения на потребителя, учет пожеланий потребителя государственных услуг становится в ряд наиболее сложных задач по идентификации пожеланий и их количественной оценке, наряду с постоянным улучшением процессов и устранением причин появления несоответствий. Иными словами, для сохранения доверия к государству необходимо обеспечить мотивацию государственных учреждений и персонала, работающего в них на повышение качества оказания государственных услуг, и постоянной работы по устранению несоответствий.

Целесообразность такого подхода основана на опыте применения Международных стандартов (МС) ISO в практике деятельности организаций. Таким образом, система управления организацией и должна обеспечить постоянное улучшение процессов в организации. При выполнении этого требования необходимо определить измеряемые характеристики качества процесса, а именно те показатели, учет и воздействие на которые может привести к повышению качества и расширению доли охвата потребителей государственными услугами.

Опираясь на многолетний опыт работы в сфере содействия занятости населения и, руководствуясь требованиями федерального законодательства можно предположить, что качество государственной услуги в сфере содействия занятости населения, возможно, будет оценить как для граждан, так и для работодателей двумя группами схожих единичных показателей.

Как для граждан, так и для работодателей одними из важнейших показателей, оценивающих качество услуги, с точки зрения потребителя, могут являться такие показатели, как: фактический результат обращения (состоялся прием на работу или не состоялся); время, затраченное на оказание услуги; соответствие заявленным ожиданиям (для граждан - в условиях труда, в том числе в оплате труда, для работодателей – в навыках и профессиональных знаниях, умениях принятого на работу).

Несомненно, что число показателей, характеризующих качество государственной услуги значительно больше и учет всех их без исключения, значительно усложнит процесс идентификации показателей и их сравнения.

К примеру, для оценки качества и доступности государственных услуг, предоставляемых казенными учреждениями государственной службы занятости населения в Российской Федерации, используются количественные показатели численности граждан и работодателей, обратившихся за предоставлением государственных услуг, и численности граждан и работодателей, получивших государственные услуги, в разрезе отдельных категорий. Перечень этих показателей предусмотрен формой федерального статистического наблюдения № 2-Т (трудоустройство) «Сведения о предоставлении государственных услуг в области содействия занятости населения», утвержденной приказом Федеральной службы государственной статистики от 14 марта 2012 года № 65.

Критериями оценки качества и доступности государственных услуг для данных учреждений являются: степень достижения органами службы занятости целевых прогнозных показателей в области содействия занятости населения;

соблюдение нормативов доступности государственных услуг; количество обоснованных жалоб физических и юридических лиц на ненадлежащее предоставление государственных услуг. Несомненно, используемые методики дают возможность оценить эффективность оказания государственных услуг, и дать оценку работы государственного учреждения.

Однако использование системы выбранных нами выше единичных показателей позволит применить комплексную оценку именно качества государственных услуг в сфере содействия занятости, и оценка качества может быть произведена на основе векторной интерпретации заявленных потребностей и фактических достигнутых результатов [7].

В основе данного метода лежит гипотеза, что комплексный уровень качества оказания государственной услуги представляет собой многокомпонентный вектор, сформированный на основе запросов потребителей, характеристиками которого в данном случае являются единичные показатели качества: фактический результат обращения; время, затраченное на оказание услуги; соответствие заявленным ожиданиям.

Оптимизация и корректирующие действия по управлению организацией будут, в этом случае производится путем приближения указанных показателей к заданному стандарту, эталону, установленному и доведенному до организации в качестве государственного задания.

Базовый (эталонный) уровень качества характеризуется вектором $S(a_{11}, a_{12}, a_{13})$, компонентами которого являются выбранные показатели качества. При этом значения показателей должны формироваться только на базе целевых исследований запросов клиентов, которые сами определяют необходимый им уровень качества.

Оцениваемый уровень качества также характеризуется вектором $S_0(a_{01}, a_{02}, a_{03})$, компонентами которого являются фактические значения аналогичных вектору S показателей качества. Произведение отношений длин векторов S и S_0 на косинус угла между ними будет являться комплексной характеристикой степени приближения значений показателей качества для анализируемой организации к значению, установленному в качестве государственного задания.

Комплексная характеристика степени приближения значений показателей

качества, оказываемых анализируемой организацией государственных услуг к эталону (требованиям потребителя) может быть рассчитана по формуле [7]:

$$\delta = \frac{|S_0|}{|S|} \cdot \cos \left(\angle S_0, S \right).$$

Несомненно, выбор показателей, характеризующих качество оказываемых государственных услуг с учетом запросов потребителей, является важным компонентом системы управления качеством. Расчеты и анализ динамики изменений позволит оценить результаты предпринятых корректирующих и предупреждающих действий. Однако без внедрения процессного подхода, без организации систематической работы по проведению регулярного внутреннего аудита системы менеджмента качества для выявления резервов улучшения, разработки методик количественной оценки работы сотрудников невозможно будет создать условия для работы сотрудников, способствующих постоянному улучшению качества государственных услуг.

В условиях нестабильной экономической ситуации в Российской Федерации может наступить то время, когда наконец-то начнут интересоваться и задаваться вопросом об эффективности работы, измеряемой не количественными показателями, а качеством. Когда целью работы учреждения должна стать государственная услуга, качество оказания которой создаст условия для появления интереса к этой услуге, как со стороны населения, так и со стороны работодателей [8].

Выводы

Учет, разработка и использование показателей качества при оценке деятельности организации, сформулированных с участием потребителей государственных услуг и на основе принципов системы менеджмента качества, позволит использовать преимущества системного подхода в решении проблем повышения качества. Ориентируясь на максимальное удовлетворение потребностей, учет этого фактора позволит создать условия для эффективного управления деятельностью государственного учреждения, что в конечном итоге создаст предпосылки для большего охвата потребителей качественными государственными услугами.

Библиографический список

1. Салимова, Т.А. Управление качеством : учеб. по специальности «Менеджмент организации» / Т.А. Салимова. – 2-е изд., стер. – М.: Омега Л, 2008. – 414 с.
2. Хэрри, М. 6 SIGMA / М. Хэрри, Р. Шредер. – М.: Эксмо, 2003. – 464 с.
3. Приказ Минфина РФ и Минэкономразвития РФ от 29.10.2010 № 136н/526 «Об утверждении Методических рекомендаций по формированию государственных заданий федеральным государственным учреждениям и контролю за их выполнением» [Электронный ресурс] // ЭПС «Гарант» / «ГАРАНТ-Максимум». – Послед. обновление 25.01.2016.
4. Базюк, О.В. Анализ ресурсов и рекомендации по повышению качества организации временной занятости несовершеннолетних (на примере Омского региона) [Электронный ресурс] / О.В. Базюк, В.Е. Калугин. // Наука XXI века: опыт прошлого - взгляд в будущее: материалы Международной научно-практической конференции, г. Омск 15 апреля 2015 г. / СибАДИ. – Омск, 2015. – С. 182-186. – Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/esd39.pdf>. (дата обращения – 20.05.2016).
5. Мониторинг рынка труда и мероприятий по содействию занятости населения Омской области 1991-2016 годы [Электронный ресурс]: [стат. сборник] / Главн. управление гос. службы занятости населения Омской области. – Омск, 2016. – 235 с. – Режим доступа: <http://www.omskzan.ru> (дата обращения – 20.05.2016).
6. Российская Федерация. Законы. О занятости населения в Российской Федерации [Электронный ресурс]: федеральный закон от 19 апреля 1991 г., № 3-ФЗ // ЭПС «Гарант» / «ГАРАНТ-Максимум». – Послед. обновление 25.01.2016.
7. Мальцева, М.В. Управление качеством транспортно-экспедиционного обслуживания / М.В. Мальцева // Вестник Университета (Государственный университет управления). – 2007. – № 6(6). – С. 28-32.
8. Хаирова, С.М. Организация предпринимательской деятельности: учебное пособие / С.М. Хаирова, И.С. Метелев, Б.Г. Хаиров; Омский институт (филиал) РГТЭУ. – Омск: ООО «Омскбланкиздат», 2012 г. – 258 с.

IMPROVING THE QUALITY ASSESSMENT OF STATE SERVICES

V.E. Kalugin

Abstract. The problems of state services extensions are examined. It is proposed, with the aim of improving the quality and increasing the share of state services market, should be guided by the principles of quality management. To assess the quality of services is recommended to use a system of individual indicators. It allows to a comprehend sive assessment of the quality of state services in the promotion of employment on the basis of the

interpretation of the vector expressed needs and actual achievements. The data on the share change of the Coverage public services non-working population and employers are given.

Keywords: quality, state service, consumer, individual indicator, comprehensive assessment of the quality of state services, promotion of employment.

References

1. Salimova T. A. *Upravlenie kachestvom: ucheb. po special'nosti «Menedzhment organizacii»* [Quality control: book on specialty «Organization management»]. Moscow, Omega L, 2008. 414 p.
2. Harry M., Shreder R. 6 SIGMA. Moscow. Eksmo, 2003. 464 p.
3. Order of Finmin (Ministry of Finance) R.F. and Ministry of Economic Development R.F. from 29.10.2010 № 136n/526 «Validation of guidelines for the formation of government jobs federal government agencies and monitoring their implementation». ESS «Garant». «Garant-maximum».
4. Bazyuk O.V., Kalugin V.E. Analiz resursov i rekomendacii po povysheniju kachestva organizacii vremennoj zanjatosti nesovershennoletnih (na primere Omskogo regiona)[Resource analysis and recommendation for improving the quality of the organization minors temporary employment (based on the example of Omsk region)] *Nauka XXI veka: opyt proshlogo – vzglyad v budushhee: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*, Omsk, 2015. pp.182-186.
5. *Monitoring rynka truda i meroprijatij po sodejstviju zanjatosti naselenija Omskoj oblasti 1991-2016 gody [stat. sbornik] Glavn. upravlenie gos. sluzhby zanjatosti naselenija Omskoj oblasti*[Monitoring the job market and measures to promote employment the population of the Omsk region 1991-2016:[statistical collection]General Department Directorate of Civil Servise Employment of Omsk region].Omsk,2016.235 p.
6. [Russian Federation. Law. About the employment of population in the Russian Federation [electronic resource]:Federal Law from 19 April 1991;№3-FZ.ESS «Garant». «Garant-maximum»].
7. Maltseva M.V. *Upravlenie kachestvom transportno-jekspedicionnogo obsluzhivaniya*. [Quality management of transport and forwarding service]. *Vestnik Universiteta (Gosudarstvennyj universitet upravlenija)*, 2007, no 6(6), pp. 28-32.
8. Khairova S.M., Metelev I.S., Khairov B.G. *Organizacija predprinimatel'skoj dejatel'nosti: uchebnoe posobie* [Organization of business function: the teaching aid] RGTEU. Omsk, ООО «Omskblankizdat», 2012. 258 p.

Калугин Владимир Евгеньевич (Россия, г. Омск,) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление качеством и производственными системами» ФГБОУ ВО «СибАДИ». Почетный работник Минтруда России (644080, г. Омск, пр. Мира,5 , e-mail: kve3012@mail.ru).

Kalugin Vladimir Evgenyevich – (Russian Federation, Omsk) – candidate technical sciences, associate professor of «Quality management and production systems» – The Siberian Automobile and

Highway Academy (SibADI). Honorary Worker of the Russian Ministry of Labor. (644080, Omsk, Mira, 5, e-mail: kve3012@mail.ru)

УДК 336.02

МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ НАЛОГОВЫХ ПОСТУПЛЕНИЙ В РЕГИОНАЛЬНЫЕ БЮДЖЕТЫ ПОСРЕДСТВОМ РАЗВИТИЯ РЫНКА ЦЕННЫХ БУМАГ

А.Е. Миллер, А.А. Миллер

Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского, Омск, Россия.

Аннотация. В статье исследуется актуальная проблема стимулирования налоговых поступлений в региональные бюджеты. В ходе исследования были получены результаты, подтверждена высокая степень взаимосвязи уровней развития региональной экономики и рынка ценных бумаг, определены типы функциональных взаимосвязей между участниками рынка ценных бумаг, разработан механизм развития рынка ценных бумаг в интересах регионального бюджета, построена приоритетная модель взаимодействия участников рынка ценных бумаг, произведена оценка эффекта (прироста налоговых поступлений) от реализации изменений в рамках предложенного механизма. Полученные результаты рекомендованы к применению при разработке региональной экономической политики и программ социально-экономического развития регионов.

Ключевые слова: региональная экономика, рынок ценных бумаг, участники рынка ценных бумаг, модель взаимодействия, инвестиционная активность.

Введение
Целостное видение проблемы взаимосвязи уровней экономики и рынка ценных бумаг

В условиях сложных современных экономических условий повышается актуальность вопроса стимулирования налоговых поступлений в региональные бюджеты. В настоящее время регионы сталкиваются с дефицитом инвестиционных ресурсов и низким уровнем эффективности механизмов аккумуляции и перераспределения этих ресурсов в рамках определенной территории (региона).

В мировой практике рынок ценных бумаг (РЦБ) признается одним из наиболее эффективных механизмов перераспределения финансовых ресурсов, необходимых для развития экономики. Особенностью рынка ценных бумаг является многоуровневый характер его функционирования, то есть в рамках национального рынка ценных бумаг представляется возможным условное выделение территориальных (региональных) рынков. Под региональным рынком ценных бумаг понимается условно выделяемый локальный рынок ценных бумаг,

функционирование которого выражается в деятельности региональных субъектов рынка ценных бумаг [1, с. 37].

Проблемой современного состояния рынка ценных бумаг является то, что рынок ценных бумаг и региональная экономика выступают конкурирующими сферами вложения капитала, между которыми происходит переток инвестиционных ресурсов, выравнивающий нормы прибыли. Причиной такой ситуации является спекулятивная направленность деятельности на рынке ценных бумаг и фактическая не востребованность инструментов рынка ценных бумаг со стороны экономических субъектов [2]. Региональная экономика выступает сферой использования и обращения реального капитала (инвестированного в основные средства и авансированного в оборотные средства).

Рынок ценных бумаг в настоящее время представлен преимущественно отношениями по поводу обращения ценных бумаг на вторичном рынке [3]. То есть на региональном рынке ценных бумаг обращаются финансовые активы, связанные не с приростом реального капитала экономических субъектов региона, а лишь с перераспределением имущественных и

неимущественных прав по ценным бумагам. В результате финансовые ресурсы, аккумулируемые региональным рынком ценных бумаг, не направляются на развитие экономики региона, а перетекают на национальный уровень для спекулятивных операций на организованном рынке ценных бумаг [4, с. 33]. Такая модель взаимодействия фактически подавляет перераспределительную функцию рынка ценных бумаг в пользу коммерческо-спекулятивной функции.

Обоснование и раскрытие роли и назначения выбора теоретико-методологической основы и методов исследования механизма повышения налоговых поступлений в региональные бюджеты посредством развития рынка ценных бумаг

Теоретической основой исследования является теория финансов, позволяющая обосновать функциональные взаимосвязи между сферами государственных и негосударственных финансов, влияние финансового рынка на развитие экономики, а также функции и задачи рынка ценных бумаг.

Обозначенная выше проблема рассматривается в качестве одной из наиболее острых в отечественной экономической науке: в современных условиях в России рынок ценных бумаг не является эффективным механизмом перераспределения инвестиций. При этом как в зарубежной, так и отечественной науке отмечается большой потенциал рынка ценных бумаг в части возможности стимулировать экономический рост. По сути, РЦБ выступает альтернативой региональному нефинансовому сектору рынком, который отвлекает на себя значительную часть финансовых ресурсов. Недостаток финансирования в рамках экономики всего региона приводит к замедлению темпов структурной перестройки региональной экономики. Соответственно, важнейшей целью развития и совершенствования регионального РЦБ является налаживание качественного взаимодействия региональной экономики и регионального рынка ценных бумаг.

Методической основой исследования является функционально-реляционный подход, позволяющий исследовать характер и полноту выполнения рынком ценных бумаг своих функций через призму особенностей деятельности участников указанного рынка. Достижение какого-либо результата (например, некоего уровня способности

перераспределять финансовые ресурсы) является последствием взаимодействия участников рынка ценных бумаг между собой.

Влияние на налоговые поступления регионального бюджета осуществляется в рамках предлагаемой региональной модели «РЦБ – Экономика – Бюджет». Данная модель включает два вида взаимодействия: «РЦБ – Экономика» и «Экономика – Бюджет». Это находит отражение и во взаимосвязи показателей. При взаимодействии «РЦБ – Экономика» показатели РЦБ (объем перераспределяемых ресурсов) являются факторными, а показатели региональной экономики (валовой региональный продукт и его элементы, а также стоимость основных фондов) – результативными. В свою очередь, при взаимодействии «Экономика – Бюджет» показатели факторными являются показатели региональной экономики, а результативными – показатели регионального бюджета, то есть сами налоговые поступления.

Рынок ценных бумаг находится в процессе своего непрерывного развития (как на национальном уровне в целом, так и на региональном уровне). В настоящее время в научной литературе и на практике отсутствует единый подход к группировке и содержанию факторов развития регионального рынка ценных бумаг. В зависимости от территории воздействия факторы подразделяются на национальные (влияющие на развитие рынка ценных бумаг по всей территории страны) и региональные (оказывающие влияние на развитие рынка ценных бумаг в пределах отдельного региона) (см. [5]; [6]). В региональных рамках предложено выделить общие и специфические факторы развития. К общим относятся экономические факторы, то есть факторы, обусловленные функционированием и развитием региональной экономики. Специфическими являются факторы, обусловленные особенностями деятельности субъектов регионального рынка ценных бумаг. Выделенные особенности деятельности способны усиливать или, наоборот, снижать степень влияния экономических факторов на развитие регионального рынка ценных бумаг.

Я.М. Миркин выделяет фундаментальные факторы, воздействующие на рынок ценных бумаг, только на национальном уровне. Однако ученый раскрывает содержание оказываемого на РЦБ влияния: «фундаментальный характер факторов проявляется в том, что они существенным образом влияют на экономические интересы

субъектов, действующих на фондовом рынке, изменяя их экономическое поведение в масштабах, приводящих к глубоким изменениям в самом рынке ценных бумаг как системе» [7, с.55]. Целесообразно дополнить данную взаимосвязь: измененный подобным образом рынок ценных бумаг позитивно воздействует на экономику (как на национальном, так и региональном уровнях), что впоследствии выражается и в росте налоговых доходов бюджетов всех уровней.

Результаты. Разработка механизма развития рынка ценных бумаг в интересах регионального бюджета и построение приоритетной модели взаимодействия участников рынка ценных бумаг

Взаимосвязь уровней развития региональной экономики и регионального рынка ценных бумаг подтверждается эмпирическими данными. Исследование относительных уровней развития региональных рынков ценных бумаг в Российской Федерации осуществлялось посредством выявления ранговых мест региона по уровню развития экономики и по уровню развития регионального рынка ценных бумаг. Результаты проведенной оценки позволяют сформулировать два вывода:

1. Как уже отмечалось, уровни развития региональной экономики и регионального рынка ценных бумаг характеризуются взаимосвязанностью. Так, значение коэффициента корреляции составляет 86,2% (по данным 2008 г. – 88,0%), что свидетельствует о высокой степени взаимосвязи уровней развития региональных РЦБ и региональных экономик несмотря на отклонения по ряду субъектов РФ.

2. Само наличие отклонений в уровнях развития региональной экономики и регионального рынка ценных бумаг обусловлено действием специфических факторов развития, заключающихся в особенностях деятельности региональных участников рынка ценных бумаг.

Результаты проведенной оценки уровней развития региональных рынков ценных бумаг Западной Сибири представлены в таблице 1. В Республике Алтай, Новосибирской и Омской областях уровень развития регионального рынка ценных бумаг опережает уровень развития региональной экономики (т.е. ранговое место регионов по уровню развития регионального рынка ценных бумаг среди всех субъектов РФ выше рангового места региональной экономики).

Если провести подобное ранжирование только по рассматриваемым регионам, то отличия будут менее существенны. Фактически, это подтверждает «многоуровневую региональность» рынка ценных бумаг: будучи открытой системой, региональный РЦБ выходит за пределы конкретного региона и превращается в межрегиональный РЦБ (т.е. рынок ценных бумаг группы субъектов РФ). Соответственно, в рамках группы регионов более отчетливо (по сравнению с рассмотрением всех субъектов РФ) прослеживается сближение уровней развития региональной экономики и рынка ценных бумаг.

Целенаправленное развитие регионального рынка ценных бумаг предполагает формирование механизма функционирования и развития регионального РЦБ. Суть данного механизма заключается в усилении важных (для заинтересованных субъектов) взаимосвязей между участниками регионального рынка ценных бумаг.

Механизм развития регионального РЦБ включает в себя следующие элементы:

1. Цель развития рынка ценных бумаг в регионе.
2. Субъекты, заинтересованные в развитии регионального РЦБ.
3. Требования к модели взаимодействия участников регионального РЦБ.
4. Приоритетная модель взаимодействия участников регионального РЦБ (в соответствии с целью развития регионального РЦБ).
5. Инструменты воздействия на участников РЦБ и региональный рынок в целом.
6. Систему качественных и количественных показателей, по которым оценивается достижение цели развития.

В настоящее время наибольшую актуальность имеет развитие регионального рынка ценных бумаг как источника (перераспределительного механизма) развития экономики региона [8]. Реализация указанной цели ориентирована на экономику региона в целом. Как следствие, повышается уровень деловой активности в регионе, осуществляется структурная перестройка региональной экономики, увеличивается уровень жизни населения, происходит рост налоговых и неналоговых доходов консолидированного бюджета региона.

Реализация цели воздействия на региональный рынок ценных бумаг как на фактор развития региональной экономики затрагивает интересы региональных властей,

региональных эмитентов, а также всего населения и хозяйствующих субъектов региона. В рамках приоритетной модели взаимодействия на рынке ценных бумаг основным видом функциональных взаимосвязей выступает взаимодействие региональных эмитентов и инвесторов (как региональных, так и квазирегиональных) по поводу перераспределения финансовых ресурсов.

Одним из важнейших элементов комплексной реализации цели развития рынка ценных бумаг, как источника развития региональной экономики, является активная информационная и организационная поддержка создания и деятельности фонда со стороны региональных властей. Создание и функционирование соответствующего инвестиционного фонда должно логически сочетаться с приоритетами развития региона, действующими в регионе программами стимулирования отдельных отраслей региональной экономики.

Для обеспечения заинтересованности эмитентов–потенциальных объектов инвестирования фонда и потенциальных инвесторов в эффективном функционировании регионального инвестиционного фонда рекомендуется предусмотреть меры налогового и неналогового стимулирования соответствующего взаимодействия между субъектами, испытывающими потребность в финансовых ресурсах (эмитентами), и субъектами, желающими инвестирования временно свободные денежные средства.

В части налогового стимулирования предприятий-объектов инвестиций инвестиционных фондов наиболее гибкими налогами для выполнения соответствующих задач является налог на имущество организаций и налог на прибыль организаций. Поскольку дополнительный объем финансовых ресурсов требуется преимущественно на модернизацию производства, увеличение производственных мощностей и иные капитальные вложения, уменьшение ставки по налогу на имущество организаций для предприятий-объектов инвестирования фонда является оптимальным способом стимулирования взаимодействия эмитентов и регионального инвестиционного фонда. В данном случае наиболее целесообразной рекомендацией является уменьшение ставки налога на прибыль организаций по операциям с паями региональных инвестиционных фондов. В связи с этим, предлагается на федеральном

уровне закрепить право регионов уменьшать ставку налога на прибыль не только для отдельных категорий налогоплательщикам, но и по отдельным операциям (в данном случае – по операциям с паями регионального инвестиционного фонда). Соответственно, данное право должно быть закреплено в статье 284 Налогового кодекса РФ.

К неналоговым мерам стимулирования относятся организационная и информационная поддержка эмитентов и инвесторов со стороны органов региональной исполнительной власти, субсидирование расходов на проценты по кредитам и др.

Еще одним направлением развития рынка ценных бумаг в рамках развития рынка ценных бумаг как источника развития региональной экономики является содействие региональным эмитентам в выходе на организованный рынок ценных бумаг. Эмитенты в результате такого взаимодействия получают возможность обращения своих ценных бумаг на организованном рынке, а также дополнительное финансирование (в случае публичного размещения вновь выпускаемых ценных бумаг).

Для оценки достижения поставленной цели предлагается использовать следующие группы показателей:

1. Показатели, характеризующие объем вложений и количество объектов инвестирования.

2. Показатели, характеризующие качество использования инвестиционных ресурсов.

Итак, мероприятия по развитию рынка ценных бумаг как источника развития региональной экономики ориентированы на создание институциональных условий по формированию ресурсной базы для финансирования деятельности региональных эмитентов. Создание таких условий зависит преимущественно от действий органов региональной власти. Таким образом, комплексное развитие рынка ценных бумаг региона происходит как в интересах участников РЦБ, так и в интересах региональных властей и региональной экономики в целом.

Применение положений теории финансов в настоящем исследовании позволяет построить следующую модель формирования налоговых доходов регионального бюджета, отражающую зависимость налоговых доходов от величины валового регионального продукта и удельного веса налоговых доходов в структуре ВРП:

$$\Delta НД = d_{нал} \cdot \Delta ВРП, \quad (1)$$

где $\Delta НД$ – изменение общего объема налоговых доходов региона; $d_{нал}$ – фактический удельный вес налоговых доходов в структуре валового регионального продукта; $\Delta ВРП$ – изменение общего объема валового регионального продукта.

При этом удельный вес налоговых доходов в структуре ВРП учитывает поступления как от налогов на доходы (НДФЛ, налог на прибыль организаций), так и от налогов на имущество организаций. Этот показатель отражает, какая часть созданного в регионе валового продукта в дальнейшем поступает в региональный бюджет в качестве налогов. Значение показателя зависит не только от налоговых ставок, но и от эффективности функционирования самой экономики: чем выше средняя рентабельность экономики региона, тем больше объем совокупной прибыли предприятий, и, соответственно, выше поступления по налогу на прибыль.

Согласно экспертной оценке Российской ассоциации венчурного инвестирования (РАВИ), средняя внутренняя норма доходности по венчурному инвестированию составляет 35% годовых, и в случае направления средств, являющихся резервом повышения результативности функционирования РЦБ, на финансирование региональной экономики отдача может быть более существенной. В частности, используя приведенную выше внутреннюю норму доходности, предлагается определить влияние венчурного финансирования на развитие региональной экономики. В качестве вариантов расчета предлагается использовать две величины возможного фонда венчурных инвестиций: 280 млн. руб. (средняя сумма региональных фондов венчурных инвестиций в России) и полный объем резерва повышения результативности функционирования РЦБ.

При первом варианте (учреждение фонда с первоначальной стоимостью активов 280 млн. руб.) прогнозируется увеличение вклада эмитентов, финансируемых из регионального венчурного фонда инвестиций, в формирование валового регионального продукта, с 0,03% до 0,08% (в 2,6 раза) за период с 2016 по 2020 гг. Прирост налоговых доходов к концу 2020 года составит 39,5 млн. руб.

Согласно второму варианту расчета (направление всего резерва повышения

результативности функционирования РЦБ) вклад эмитентов-объектов инвестирования регионального венчурного фонда в формирование ВРП увеличивается с 0,61% до 1,61% (также приблизительно в 2,6 раза). Итоговый прирост налоговых доходов составляет 759,9 млн. руб. (хотя и вероятность реализации такого варианта минимальна). С целью балансировки рисков вложения средств в венчурные проекты целесообразно распределение инвестиционных ресурсов между ценными бумагами большого количества эмитентов инновационной направленности. Увеличение вклада эмитентами ценных бумаг (то есть объектов инвестирования венчурных фондов) в формирование валового регионального продукта в 2,6 раза каждые пять лет являются очень хорошим показателем в долгосрочной перспективе.

Заключение. Определение приоритетных направлений развития региональной экономической политики и программ социально-экономического развития регионов

Итак, проблема развития регионального рынка ценных бумаг как источника развития региональной экономики заключается в заинтересованности региональных эмитентов, инвесторов и профессиональных участников РЦБ во взаимодействии. Следует отметить, что предложенный механизм ориентирует участников на развитие рынка ценных бумаг как источника развития региональной экономики. Разработанный механизм развития регионального рынка ценных способен оказать большое влияние на перераспределение финансовых ресурсов в регионе посредством создания регионального инвестиционного фонда либо стимулирования эмиссии ценных бумаг региональными эмитентами для их последующего размещения на организованном рынке ценных бумаг.

Стимулирование инвестиций в региональную экономику через институты коллективного инвестирования способно оказать значительное позитивное влияние на структурную перестройку экономики и заложить основу для стабильного социально-экономического развития региона. Это закономерно приводит и к повышению налоговых поступлений в региональные бюджеты. Данный вариант стимулирования налоговых поступлений является предпочтительным, так как речь идет о формировании стабильной (в долгосрочном периоде) налоговой базы.

Библиографический список

1. Горловская, И.Г. Концептуальные основы формирования и развития регионального рынка ценных бумаг / И.Г. Горловская, А.А. Миллер // Известия УрГЭУ. – 2012. – №6(44). – С.37-44.
2. Дриго, М.Ф. Проблемы и перспективы развития региональных рынков ценных бумаг // Российский экономический Интернет-журнал. – 2008. – Режим доступа: <http://www.e-rej.ru/>
3. Мошенский, С.З. Рынок ценных бумаг: трансформационные процессы / С.З. Мошенский. – Москва: «Экономика», 2010. – 240 с.
4. Россохин, В.В. Финансовые ресурсы России и причины их сверхконцентрации в ограниченном количестве активов на рынке ценных бумаг / В.В. Россохин // Финансы и кредит. – 2008. – № 9. – С. 33-37.
5. Родионова, Н.К. Факторы, влияющие на функционирование рынка ценных бумаг в регионе / Н.К. Родионова // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2006. – №4(44). – С. 297-304.
6. Пилипенко, Е.В. Система внутренних и внешних источников развития рынка ценных бумаг в регионе / Е.В. Пилипенко, Д.А. Середников // Сибирская финансовая школа. – 2008. – №4. – С. 81-86.
7. Миркин, Я.М. Рынок ценных бумаг России: воздействие фундаментальных факторов, прогноз и политика развития / Я.М. Миркин. – М.: Альпина Паблшер, 2002. – 624 с.
8. Болдырева, Н.Б. Стратегия развития регионального рынка ценных бумаг / Н.Б. Болдырева, Т.Г. Усанова // Налоги, инвестиции, капитал. 2002. – № 3.

FORMULATION OF A MECHANISM TO INCREASE TAX REVENUES IN REGIONAL BUDGETS THROUGH THE DEVELOPMENT OF THE SECURITIES MARKET

A.E. Miller, A.A. Miller

Abstract. The article examines the actual problem of tax revenues stimulation in regional budgets. The study was the results obtained confirmed a high degree of relationship between regional economy and securities market development levels, the types of functional interactions between the participants of the securities market, the mechanism of development of the securities market in the interests of the regional budget, built the priority model of interaction of the securities market participants, the estimation of the effect (increase tax revenue) from implementing changes in the framework of the proposed mechanism. The received results are recommended for use in the development of regional economic policies and programs for socio-economic development of regions.

Keywords: regional economy, securities market, securities market participants, the interaction model, investment activity.

References

1. Gorlovskaya I.G., Miller, A.A. Konceptual'nye osnovy formirovaniya i razvitija regional'nogo rynka cennyh bumag [Conceptual bases of regional securities market formation and development]. *Izvestija UrGJeU*, 2012, no 6(44). pp. 37-44.
2. Drigo M.F. Problemy i perspektivy razvitija regional'nyh rynkov cennyh bumag [Problems and prospects of development of regional securities markets]. *Rossijskij jekonomicheskij Internet-zhurnal*, 2008. Available at: <http://www.e-rej.ru/>
3. Moshenskij S.Z. *Rynok cennyh bumag: transformacionnye processy* [Securities market: transformation processes]. Moscow, Jekonomika, 2010. 240 p.
4. Rossohin V.V. Finansovyje resursy Rossii i prichiny ih sverhkoncentracii v ogranichenom kolichestve aktivov na rynke cennyh bumag / V.V. Rossohin [Financial resources of Russia and problems of over-concentration in a limited number of assets on the securities market]. *Finansy i kredit*, 2008, no 9. pp. 33-37.
5. Rodionova N.K. Faktory, vlijajushhie na funkcionirovanie rynka cennyh bumag v regione / N.K. Rodionova [Factors affecting the functioning of the securities market in the region]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Serija: Gumanitarnye nauki*, 2006, no 4(44). pp. 297-304.
6. Pilipenko E.V., Serednikov D.A. Sistema vnutrennih i vnesnih istochnikov razvitija rynka cennyh bumag v regione [The system of internal and external sources of securities market development in the region]. *Sibirskaja finansovaja shkola*, 2008, no 4. pp. 81-86.
7. Mirkin Ja.M. *Rynok cennyh bumag Rossii: vozdejstvie fundamental'nyh faktorov, prognoz i politika razvitija* [The securities market of Russia: influence of fundamental factors, forecast and policy development]. Moscow, Al'pina Pablisher, 2002. 624 p.
8. Boldyreva N.B., Usanova T.G. Strategija razvitija regional'nogo rynka cennyh bumag [Strategy of development of regional securities market]. *Nalogi, investicii, kapital*, 2002. no 3.

Миллер Александр Емельянович (Россия, Омск) – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономика и финансовая политика», Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского (644077, пр. Мира, 55а, e-mail: aem55@yandex.ru).

Миллер Андрей Александрович (Россия, Омск) – преподаватель кафедры экономики и финансовой политики, Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского (644077, пр. Мира, 55а, e-mail: andremiller@mail.ru).

Miller Alexander Emelyanovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of economics sciences, professor, the head of the department of Economics and Financial policy, Omsk state university of F.M. Dostoyevsky (644077, Mira av., 55a, e-mail: aem55@yandex.ru).

Miller Andrey Aleksandrovich (Russian Federation, Omsk) – teacher of department of economics and financial policy Omsk state university of F.M. Dostoyevsky (644077, Mira av., 55a, e-mail: andremler@mail.ru).

Работа проводилась при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда, проект № 16-12-55008.

УДК 322.025

ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО И МЕХАНИЗМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ РАЗМЕРОВ УСПЕШНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ ФИРМ

Е.В. Романенко, В.В. Бирюков
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы развития теории предпринимательства и дифференциации размеров предпринимательских фирм. Представлена уточненная методология, позволяющая на основе формирования многоуровневой системы ценностей решать проблемы исследования влияния культурно-ценностных факторов на цели и мотивы предпринимательства, а также, на конструирование связей внутренней и внешней среды. Предлагается интегративно-динамический подход к анализу предпринимательских фирм, причин и факторов формирования граничных условий их успешной деятельности.

Ключевые слова: предпринимательство, институциональное предпринимательство, бизнес-предпринимательство, сектор малого и среднего бизнеса, культурно-ценностные ориентации, институциональные изменения, инновации, эффект возрастающей отдачи.

Введение

Сегодня возрастает значимость разработки подходов к исследованию предпринимательства как специфического вида инновационной деятельности, а также механизмов формирования успешной деятельности предпринимательских фирм. Однако применяемые концепции и модели часто предлагают разную интерпретацию причин, мотивов и движущих сил предпринимательства, а также процессов развития и реализации конкурентных преимуществ на основе инновационных изменений. Поэтому важным становится разработка подхода, позволяющего сформировать системно-целостное видение процессов взаимодействия структурных условий и поведения предпринимательских фирм.

Анализ исследований проблемы

Концептуальные особенности доминирующих сегодня подходов, связанных с изучением предпринимательства и предпринимательских фирм, определяется тем, что мейстрим экономической науки исходит из принципа методологического индивидуализма; этого принципа придерживаются сторонники неоклассической и австрийской школ, неоинституциональной

теории, эволюционной и поведенческой экономики. В данных условиях поиск содержательного ответа о причинах и механизмах осуществления инновационных изменений неизбежно обнаруживает недостаточность стандартного инструментария активно используемых концепций и экономических моделей, которые обычно опираются на теорию рационального выбора. Объяснение происходящих в экономике изменений с точки зрения частных интересов, теряя из виду ключевые механизмы влияния системных связей, приводит к необходимости ограниченной интерпретации целей и предпочтений индивидов, к рассмотрению их как экзогенных параметров.

В соответствии с классическими представлениями, традиции которых были заложены во многом Й. Шумпетером, предпринимательство рассматривается как антрепренерство, а предпринимателями называют хозяйственных субъектов, функцией которых является, выявление и осуществление новых комбинаций и которые выступают как его активный элемент [1, с. 169-170]. При этом в результате инновации за счет применения новых комбинаций производственных факторов осуществляется

«конструктивное разрушение» (creative distraction) и создается ценность, включающая инновационную ренту. Интерпретация предпринимательства как интрапренерства в соответствии с подходом Г. Пиншота предполагает целенаправленное использование предпринимательского таланта и творческих способностей сотрудников для организации прибыльного бизнеса. Поведение предпринимателя во многом соответствует поведению классического типа «человека экономического», при этом он обладает исключительными, «героическими» характеристиками, проводит свои идеи часто без согласования с коллективом [2].

Кроме рассмотрения вопросов, связанных с интерпретацией предпринимательства как бизнес-предпринимательства, сегодня активно разрабатывается концепция институционального предпринимательства, которая, основываясь на предпосылках методологического индивидуализма, предполагает, что субъектом институциональных изменений является индивидуальная предприниматель, реагирующий на стимулы, заложенные в институциональной системе. Предприниматели в экономике и политике направляют свои таланты или знания на поиск возможностей, либо непосредственно или косвенно путем соизмерения издержек и выгод от выделения ресурсов на цели изменения правил [3, с. 108, 112-113]. Данная концепция разрабатывается в рамках неоинституциональной теории, а также социологии и неаустрийской школы.

В настоящее время часто в качестве исследовательской платформы, позволяющей формировать общую теорию предпринимательской фирмы, предлагается неоинституциональная контрактная (транзакционная) теория, включающая идеи об ограниченной рациональности субъектов, специфичности активов, оппортунистическом поведении и агентской модели. Складывающиеся в рамках стратегического менеджмента альтернативные подходы критикуют данную теорию, так как она статична и уделяет мало внимания созданию рынков, предполагая, что ресурсы, продукция и технология являются данными, так что экономическая задача заключается только в их комбинации способом, минимизирующим транзакционные издержки [4]. Кроме того, в современных условиях критическому анализу подвергаются исследовательские программы, которые недооценивают значимость высокой изменчивости бизнес-среды – теория

конкурентных стратегий, ресурсная концепция и др. – и активно разрабатываются более реалистичные динамические подходы – теория фирмы, основанной на знаниях, концепция динамических способностей, экосистемный подход и др.

Вместе с тем важнейшим изъяном доминирующих в настоящее время концепций предпринимательства, предпринимательской фирмы, стратегического менеджмента и организационных изменений, является то обстоятельство, что они неизбежно интерпретируют роль культуры весьма ограниченно – обычно в качестве одного из факторов, выступающего в виде препятствия (барьера) при осуществлении инновационных изменений; при этом не учитываются особенности культурно-ценностных ориентаций, и упускается из виду тот факт, что они могут меняться и выступать мощным организационным ресурсом, формируя опорный каркас экономической деятельности на всех ее уровнях, а не лишь одну из возможных составляющих в цепочке создания добавленной ценности.

Сегодня, как отмечает Д. Лал, хотя многим экономистам-теоретикам вопрос о культуре и экономическом развитии представляется неопределенным, путанным и бестолковым, но практики, занимающиеся разработкой программ экономического развития, указывают на важность культуры. В связи с этим, он ссылается на книгу Л. Харрисона «Кто процветает» – как культурные ценности формируют экономический и политический успех [5, с. 15]. Как пишет Ф. Фукуяма, «современной экономической теории, следовало бы, настолько это возможно, уйти от узости «неоклассической» версии и вернуться к «классической» широте охвата, приняв во внимание способы, которыми культура влияет на человеческое поведение вообще и экономическое поведение в частности» [6, с. 31, 39].

Совершенный в последние десятилетия методологический «поворот к культуре» на основе конструктивистского подхода предполагает разрыв с позитивизмом, господствующим в сфере познания в XX в. и поиск менее жестких версий холизма. Социальный конструктивизм рассматривает культуру как зарождающуюся систему разделяемых смыслов, которые управляют перцепцией, коммуникацией и действиями, отмечая, что в процессе взаимодействий субъекты вырабатывают однотипные коллективные представления,

договариваются об единых нормах и правилах. Однако «ни конструктивизм, ни теория рационального выбора не обеспечивают содержательных объяснений или прогнозов поведения, пока оно не будет соединено с более специфическим пониманием того, кем являются соответствующие акторы, чего они хотят, и каков контекст социальной структуры мог бы быть» [7, с. 393]. Таким образом, сегодня возникла настоятельная потребность разработки теоретико-методического инструментария, позволяющего реалистично описывать предпринимательство и механизмы инновационного развития конкурентных преимуществ разноразмерного бизнеса с учетом его отличительных особенностей.

Предпринимательство и ценностные ориентиры бизнеса

Экономическая реальность объективна, предприниматель не может игнорировать утвердившиеся культурные нормы и правила институционального порядка. Он не всегда в полной мере осознает их нормативное давление, полагая, что поступает свободно и рационально, хотя на деле воспроизводит привычные модели поведения, следуя сложившимся стереотипам и ценностным предпочтениям. Вступая во взаимодействия с другими людьми, предприниматель интерпретирует их намерения, оценивает их поступки в соответствии со своей ценностной шкалой. Но эти интерпретации и оценки также не произвольны, они определяются укоренившимися в обществе представлениями о статусно-ролевых требованиях и культурно-ценностных предпочтениях [8, 9, 10].

Предлагаемый в статье структурно-динамический подход исходит из дуальной природы предпринимательского поведения, которое характеризуется уникальным сочетанием общесистемных и индивидуальных параметров и приоритетов их ценностно-рациональной деятельности. Сегодня многие исследователи указывают на то, что мотивация делового поведения в реальных условиях значительно сложнее ориентации на максимизацию текущей прибыли. Так, в концепциях корпоративного управления, стратегического менеджмента, корпоративной социальной ответственности и этики бизнеса концентрируется внимание на необходимость поиска таких стратегических позиций, которые обеспечивают устойчивое развитие компании, позволяя получать существенные выгоды, и таким образом

вносят вклад в эффективность реализации ее миссии [11].

Ориентация на достижение долговременного успеха, а не на получение «сиюминутной выгоды», связана с формированием многоуровневой системы ценностных ориентаций. Базовыми ценностями являются устойчивые конкурентные преимущества, которыми фирма стремится обладать в будущем; в качестве ведущих ценностей выступают вторичные по отношению конкурентоспособности показатели, обеспечивающие сбалансированное достижение основной цели – финансовые показатели (созданная ценность, добавленная ценность, прибыль и др.), инновационно-технологические показатели развития интеллектуального капитала и т.д.; обеспечивающие ценности выражают приоритетные подходы в формировании связей внутренней и внешней среды. Конструируемая на основе культурно-ценностных представлений о желательной модели поведения фирмы цепочка получения эффекта от производимой ценности предполагает направление дохода от продажи товаров как носителей конкурентоспособных ценностей на воспроизводство бизнеса и создание новых конкурентных преимуществ.

Бизнес, как вид человеческой деятельности, не является этически нейтральным и имеет ценностную составляющую. Создание ценности выступает как сложный процесс, на который влияют все заинтересованные стороны фирмы и который зависит от ее взаимоотношений с обществом и внутренних связей. Всю систему взаимодействий фирмы с деловой средой важно строить на поиске уникального позиционирования, включая ее отношения с конкурентами и потребителями, позволяющее успешно создавать ценности для фирмы и для общества.

Возникающая в экономике эндогенная связь с этикой, характеризует то обстоятельство, что поиск прагматических форм и способов реализации этических принципов в сложившихся структурных условиях ориентирован на формирование наиболее благоприятной деловой среды на всех ее уровнях, способствующей созданию наибольшего совокупной выгоды сбалансированному ее распределению на основе развития разделения и кооперации труда, генерирования инновации и сетевых эффектов. Поэтому при выборе модели

трансформации цепочки создания ценности в процессе инноваций для предпринимателя важным становится применение общепринятой системы культурно-ценностных измерителей, позволяющих взвешивать и сопоставлять положительные и отрицательные эффекты принимаемых решений, и выбирать наиболее приемлемые и взаимовыгодные, формируя на этой основе необходимый уровень доверия, репутации и привлекательности своего бизнеса и используя такие прагматически понимаемые ценности, как справедливость, равенство, свободы, солидарность и др. Факторы внешней и внутренней среды, формирующие рыночные условия и мотивы поведения предприятия, способны вызвать существенные расхождения общественных и частных выгод в результате избыточного давления (запросов) общества и общественных групп, а также ориентации предприятия на краткосрочные результаты в ущерб долгосрочным. Многочисленные примеры корыстного поведения бизнеса и неэффективного использования ресурсов указывают на важность устранения дисфункций системы культурно-ценностных установок и институтов, вызывающих существенное расхождение частных и общественных интересов.

Предпринимательский доход выступает как плата, которую получает предприниматель за выполнение разных видов деятельности, в том числе за реализацию своих организаторских способностей по выявлению возможностей, объединению и использованию экономических ресурсов и риска возникновения убытков. В этом доходе можно выделить три составляющие: во-первых, доход в форме заработной платы за выполнение традиционных видов деятельности; во-вторых, предпринимательскую прибыль за осуществление управленческой деятельности на инновационной основе, поиск и внедрение новшеств в условиях неопределенности и риска; в-третьих, предпринимательскую ренту при наличии монопольной рыночной власти.

Эффект возрастающей отдачи и дифференциация размеров бизнеса

В связи с неоднородностью бизнес-среды и неопределенностью ее изменений в экономике появляются структурные (культурные, институциональные, технологические, территориальные, временные и др) ограничения и возможности в различной степени благоприятные для

роста производительности и создания конкурентных преимуществ у фирм разной размерности, что связано с возникновением системного эффекта масштаба, который определяется качественно-количественными параметрами деятельности фирмы и состоянием ее внешней среды. Поэтому важно учитывать, что в экономике существует не только известный со времен А. Маршалла эффект (экономия) от увеличения масштаба, но и эффект масштаба, выступающий как системное проявление достоинств и слабостей качественно-количественных характеристик деятельности фирмы данной размерности как саморазвивающегося культурно-ценностного, организационно-институционального и производственно-технологического образования.

Для выработки содержательного представления о причинах существования малых фирм, а также фирм других размерностей и механизмов формирования их сравнительных преимуществ, недостаточным является основанный на теории рационального выбора неоинституциональный подход, связанный с фокусированием на статическом аспекте их деятельности и рассматривающий структурные характеристики бизнеса как экзогенные. Важно принимать во внимание динамический аспект и учитывать влияния культурных и креативно-деятельностных факторов на направленность, темпы и масштабы осуществления инновационных изменений. Наиболее общая причина существования предпринимательских фирм в тех или иных масштабах заключается в том, что при данном состоянии бизнес-среды и складывающихся трендах ее изменения, возникает относительно благоприятный коридор возможностей генерирования эффекта возрастающей отдачи у фирм определенной размерности, в результате формирования свойственного им самоусиливающегося механизма на основе сочетания процессов наследственности и изменчивости, культурных переменных, способностей, компетенций и других качественных параметров их деятельности, обеспечивающих с помощью инноваций устойчивое развитие конкурентных преимуществ. При этом режим обучения, определяющий скорость и степень использования технологических возможностей, природа зависимости пути (жизненного цикла) и эффективность механизма отбора являются важнейшими

факторами процесса конструирования границ организации.

Механизм формирования эффекта возрастающей отдачи, складывающийся в граничных условиях деятельности малых, а также средних и крупных фирм, отражает многомерный характер их деятельности и разнородность возникающих различных кумулятивно-синергетических эффектов. Конкурентные преимущества фирмы каждой размерности возникают при наличии способности и компетенции обнаруживать и создавать такие специфические комбинации ресурсов и формы предпринимательства, которые позволяют обеспечивать реализацию сильных сторон, свойственных данному масштабу ведения бизнеса, и их доминирование над слабыми, связанными с уязвимостью этого масштаба.

Особую роль в возникновении фирмы и формировании ее границ играют культурно-ценностные ориентации и когнитивные способности предпринимателя, а также наличие организационных способностей, связанных с выявлением возможностей извлечения добавленной ценности и ренты на основе формирования и достижения благоприятного будущего, разработки бизнес-идей и бизнес-стратегии, форм и методов ее реализации, обеспечивающих создание сравнительных преимуществ с учетом влияния ближнего и дальнего окружения фирмы. Превращение знаний, инноваций и роста разнообразия рыночного спроса в основные драйверы, определяющие изменения внутренней и внешней среды фирмы и ее границ, сопровождается появлением новой комбинации составляющих внутреннего и внешнего эффектов масштаба, существенно усложняющих процесс их генерирования и реализации во времени и пространстве в результате неравномерности осуществления и возникновения кумулятивных связей и взаимозависимостей.

Наличие динамических способностей позволяет предприятию адаптировать ресурсы и компетенции к меняющейся бизнес-среде, обеспечить достижение эффективного взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов экономического развития и получение наилучшего соотношения внутренних и внешних эффектов масштаба. Успешность адаптации сложившегося способа ведения бизнеса в соответствии с требованиями деловой среды определяются наличием ключевых креативных способностей, выступающих источником изменения культурно-ценностных ориентации,

технологий, внутренних и внешних организационно-экономических связей, а также формирования новой структуризации пространства и времени.

Количественные параметры малых и средних предприятий, объемы используемых ресурсов и производимой продукции определяют своеобразие граничных условий формирования его конкурентных преимуществ как специфического сектора экономики. Благоприятные предпосылки для развития сектора малоразмерного предпринимательства появляются тогда, когда образуется отрицательный эффект масштаба – превышение масштабов малоразмерной фирмы приводит в опережающему росту издержек по отношению к доходу, но при этом особую значимость приобретает реализация сравнительных преимуществ, позволяющих обеспечить низкие транзакционные издержки, высокую гибкость и скорость адаптации к меняющейся среде, а также запросам сегментирующегося рынка.

При анализе различных вариантов формирования механизмов развития сектора малого и среднего бизнеса важно принимать во внимание дуальную природу факторов, обуславливающих противоречивость возникающих последствий, то обстоятельство, что масштабы и характер системного влияния данного сектора зависят не только его качественных, количественных и структурных характеристик, но и от сложившихся условий и возможностей эффективной интеграции малоразмерного бизнеса в экономику. Дело в том, что ресурсный потенциал, возможности и ограничения, связанные с осуществлением культурных, институциональных и производственно-технологических инноваций, обуславливают наличие определенного коридора возможностей успешного развития сектора малого и среднего предпринимательства, обеспечивающего благоприятное воздействие на экономическую систему. В силу наличия некоторого потенциала емкости малоразмерного предпринимательства в экономике позитивный эффект его влияния на производительность и конкурентоспособность выражает зависимость, принимающая форму перевернутой U . В связи с этим следует отказываться от программ, предусматривающих избыточность и недостаточность мер поддержки малого и среднего бизнеса. Фактический уровень предпринимательского потенциала может отклоняться от его оптимального значения в

ту или иную сторону под влиянием различных факторов, например, таких как рамочные условия предпринимательства, наличие ресурсов и возможностей заниматься бизнесом, склонность к предпринимательству и реализованная предпринимательская активность.

Роль малого и среднего бизнеса в создании рабочих мест меняется в зависимости от стадии экономического развития страны. В странах с ресурсно-ориентированной экономикой предприниматели создают большинство рабочих мест, поскольку используют неквалифицированный труд и природные ресурсы, а роль инноваций невысока. Эффективно-ориентированная стадия характеризуется снижением уровня самостоятельной занятости. По мере повышения уровня экономического развития страны средний размер фирм увеличивается и возрастает значимость экономии от масштаба. С ростом производительности крупных фирм становится более выгодной работа по найму. Инновационно-ориентированные экономики характеризуются развитием малого и среднего предпринимательства, относительная доля крупных компаний в общем числе компаний сокращается [12]. При этом важное значение приобретает не увеличение количества малоразмерных фирм, а роль, которую они играют в инновационном развитии экономики [13].

Формирование конкурентных преимуществ малоразмерного бизнеса в регионе складывается под влиянием эффектов масштаба территориальной концентрации экономической деятельности, реализуемых в трех типах экстерналиев: эффекте, вызванном природно-географическими факторами; агломерационном эффекте, включающим в себя эффекты локализации и урбанизации; инновационно-территориальном эффекте, связанном с влиянием нематериальных факторов и интеллектуализации территориального развития [14]. В ходе эволюции экономик в формировании конкурентных преимуществ снижается роль факторов первого вида, но повышается значимость факторов второго вида, а в дальнейшем усиливается роль факторов третьего вида; утрачивают свою прежнюю значимость эффекты масштаба крупных предприятий и важным становятся активное взаимодействие бизнеса с государственными, научными и образовательными организациями. Вместе с тем следует учитывать, что сегодня типичная новая фирма не отличается высокой

инновационной активностью и не создает значительное количество рабочих.

При формировании методов поддержки развития малого и среднего бизнеса важно принимать в понимание, что по мере повышения уровня социально-экономического развития и доходов населения, фокус политики в отношении малоразмерного бизнеса обычно смещается от цели поддержания занятости, способствующей снижению бедности, к цели повышения конкурентоспособности, что связано с кардинальным изменением механизмов реализации экономической политики и свертыванием помощи «фирмам-зомби», обеспечивающих низкую производительность. При этом, например, в Японии в русле рационализации системы поддержки малого и среднего бизнеса произошло снижение размера финансовых расходов и его роли в обеспечении занятости населения. Как утверждает С. Шейн большинство людей, организующих новый бизнес, не являются предпринимателями в широком смысле: они не создают растущих компаний, которые могли бы создать новые рабочие места и генерировать значительную добавленную стоимость. Если в экономике будут активно поддерживаться любые предпринимательские начинания, то это лишь усилит негативный эффект от присутствия на рынке множества неоптимальных, нежизнеспособных фирм [15, с. 423-436].

На количество быстрорастущих фирм влияют механизмы регулирования предпринимательской деятельности. В странах с понятными правилами игры и отсутствием жестких входных барьеров, больше предпринимателей, нацеленных на рост. Формирование предпринимательского подхода к организации малоразмерного бизнеса, предполагающего поиск возможностей и их использование, зависит от личностных характеристик предпринимателя, имеющегося у него человеческого и социального капитала, а также развития институтов. Предпринимателям, стремящимся к созданию конкурентных преимуществ, важно ориентироваться на конструирование и использование инновационных идей. В свою очередь, при формировании механизмов инновационного развития малоразмерных фирм требуется осознание новых вызовов конкурентной среды и недостаточности технологических инноваций, необходимости трансформации регулирующих структур и деловой среды под изменяющиеся в стратегической перспективе рынки, учитывая

усиление влияния системных эффектов. При этом культурные, институциональные и технологические перемены становятся результатом коэволюции и сложного взаимодействия всех участников трансформационного процесса [16].

Успешность инновационного развития малого и среднего бизнеса зависит от состояния деловой среды его и способности преодолевать внутренние и внешние барьеры, связанные с недостатками в структуре управления, кадровом потенциале, ограниченностью финансовых и временных ресурсов и др. Однако, если экономическая политика направлена на поддержку предпринимательства за счет снижения входных барьеров, но при этом институциональные формы и правила не являются сбалансированными, то результативность предпринимательства не будет высокой [17]. В связи с этим на основе анализа сильных и слабых сторон, возможностей и угроз, важно разработать и реализовать эффективный комплекс мер, обеспечивающих развитие ресурсов и способностей сектора малого и среднего бизнеса используя адекватные оценки достигаемых выгод, издержек и рисков и учитывая не только статическую эффективность и динамическую результативность [18].

Заключение

В данной статье в противовес доминирующим подходом, сложившимся в рамках мейнстрима как ортодоксальной теории, предлагается гетеродоксальная версия исследования. При этом утверждается, что предлагаемый структурно-динамический подход к анализу предпринимательства помогает углубить знания об этом феномене. Он способствует системно-целостному пониманию предпринимательства и указывает на ограниченность исследовательских программ, абсолютизирующих значимость частных, узкогрупповых целей и интересов. Пренебрегая исследованием идей и представлений, возникающих на основе культурно-ценностных ориентаций, сторонники данных моделей фрагментарно трактуют предпринимательства и поведения предпринимательских фирм.

Предложенный подход позволяет выявлять закономерности развития предпринимательских структур и дифференциации их размеров. Он помогает объяснить, почему характер, масштабы и результаты предпринимательской

деятельности могут существенно варьировать в различных странах, регионах и иных условиях.

Библиографический список

1. Шумпетер, Й. Теория экономического развития / Й. Шумпетер. – М.: Прогресс, 1982. – 456 с.
2. Pinchot, G. Intrapreneuring: why you don't have to leave the corporation to become an entrepreneur / G. Pinchot. – New York : Harper and Row, 1985. – pp. 28-48.
3. Норт, Д. Институты, институциональные изменения в функционировании экономики / Д. Норт; пер. с англ. А.Н. Нестеренко; науч. ред. Б.З. Мильнер. – М.: Фонд экономической книги «Начала», 1997. – 180 с.
4. Foss, N.J. 1994. The Theory of the firm: The Austrians as precursors and critics of contemporary theory. *Review of Austrian Eco.*
5. Лал, Д. Непреднамеренные последствия. Влияние обеспеченности факторами производства, культуры и политики на долгосрочные экономические результаты / Д. Лал. – М.: ИРИСЭН, 2007. – 338 с.
6. Фукуяма, Ф. Доверие. Социальные добродетели и путь к процветанию / Ф. Фукуяма. – М.: АСТ : Ермак, 2004. – 733 с.
7. Finnemore M., Sikkink K. 2001. Taking Stock: The Constructivist Research Program in International Relations and Comparative Politics. *Annual Review of Political Science.* № 4.
8. Бирюков, В.В. Контекстуализация теории предпринимательства / В.В. Бирюков, Е.В. Романенко // Вестник СибАДИ. – 2016. – № 2 (48). – С. 154-159.
9. Бирюков, В.В. Ценностно-рациональное поведение и системно-эволюционная парадигма структуризации экономики / В.В. Бирюков // Вестник СибАДИ. – 2016. – № 3(49). – С. 119-132.
10. Бирюков, В.В. Социокультурные изменения в современном мире: механизмы осуществления / В. В. Бирюков, В.П. Плосконосова // Инновационная экономика и общество. – 2015. – № 4 (10). – С. 87-93.
11. Благов, Ю.В. Эволюция концепции и теории стратегического управления / Ю.В. Благов // Вестник СПб ун-та. Серия 8. – 2011. – Вып. 1. – С. 3-26.
12. Acs, Z. J. et al. 2004. The missing link: the knowledge filter and entrepreneurship in endogenous growth. *Discussion Paper* 4783.
13. Lazear, E. P. 2005. Entrepreneurship. *Journal of Labor Economics.* 23 (4). pp. 649-680.
14. Новая парадигма управления социально-экономическим развитием регионов России : коллективная научная монография / М.В. Васильева, Т.В. Владимирова, Е.В. Романенко, В. П. Часовской ; под общ. ред. М. В. Васильевой ; АНО содействия развитию современной отечественной науки Издательский дом «Научное обозрение». – М.: Планета, 2013. – 212 с.
15. Лауреаты Международной премии на вклад в исследования предпринимательства и малого

бизнеса (1996-2010) / под ред. А. Чепуренко. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2013. – 526 с.

16. Романенко, Е.В. Сектор малого предпринимательства: особенности формирования взаимосвязей / Е.В. Романенко // Российское предпринимательство. – 2010. – № 7 (1). – С. 11-16.

17. Романенко, Е.В. Государственная поддержка предпринимательской деятельности: учебное пособие / Е.В. Романенко. – Омск: СибАДИ. – 2007. – 92 с.

18. Романенко, Е.В. Малое и среднее предпринимательство в условиях модернизации российской экономики / Е.В. Романенко, В.В. Бирюков // Вестник СибАДИ. – 2015. – № 2 (42). – С. 158-164.

ENTREPRENEURSHIP AND MECHANISMS OF THE SIZES DIFFERENTIATION OF THE SUCCESSFUL ACTIVITIES OF ENTREPRENEURIAL FIRMS

E.V. Romanenko, V.V. Biryukov

Abstract. The development of the theory of entrepreneurship and differentiation of the dimensions of entrepreneurial firms are considered in the article. The refined methodology based on the formation of multilevel system of values to solve problems in the study of the influence of cultural values on goals and motives of entrepreneurship, as well as on the construction of relations of internal and external environment is presented. The integrative and dynamic approach to the analysis of entrepreneurial firms, causes and factors of formation of boundary conditions for their success is offered.

Keywords: entrepreneurship, institutional entrepreneurship, business entrepreneurship, the sector of small and medium business, cultural values, institutional changes, innovation, the effect of increasing returns.

References

1. Shumpeter J. *Teorija jekonomicheskogo razvitiia* [The theory of economic development]. Moscow, Progress, 1982. 456 p.

2. Pinchot G. *Intrapreneuring: why you don't have to leave the corporation to become an entrepreneur* / G. Pinchot. – New York: Harper and Row, 1985. pp. 28-48.

3. Nort D. *Instituty, institucional'nye izmeneniya v funkcionirovanie jekonomiki* [Institutes, institutional changes in the functioning of the economy]. Moscow, Fond jekonomicheskoy knigi «Nachala», 1997. 180 p.

4. Foss N. J. 1994. The Theory of the firm: The Austrians as precursors and critics of contemporary theory. *Review of Austrian Eco.*

5. Lal D. *Neprednamerennye posledstvija. Vlijanie obespechennosti faktorami proizvodstva, kul'tury i politiki na dolgosrochnye jekonomicheskie rezul'taty* [Unintended consequences. The effect of endowments of the factors of production, culture, and politics on long term economic performance]. Moscow, IRISJeN, 2007. 338 p.

6. Fukujama F. *Doverie. Social'nye dobrodeteli i put' k процветанию* [Trust. Social virtue and the path to prosperity]. Moscow, AST: Ermak, 2004, 733 p.

7. Finnemore M., Sikkink K. 2001. Taking Stock: The Constructivist Research Program in International Relations and Comparative Politics. *Annual Review of Political Science*. № 4.

8. Biryukov V.V., Romanenko E.V. Kontekstualizacija teorii predprinimatel'stva [Contextualization of the theory of entrepreneurship]. *Vestnik SibADI*, 2016, no 2 (48). pp. 154-159.

9. Biryukov V.V. Cennostno-racional'noe povedenie i sistemno-jevoljucionnaja paradigma strukturizacii jekonomiki [Value-rational behavior and the systemic-evolutionary paradigm the structure of the economy]. *Vestnik SibADI*, 2016, no 3(49). pp. 119-132.

10. Biryukov V.V., Ploskonosova V.P. Sociokul'turnye izmeneniya v sovremennom mire: mehanizmy osushhestvleniya [Socio-cultural changes in the modern world: implementation mechanisms]. *Innovacionnaja jekonomika i obshhestvo*, 2015, no 4 (10). pp. 87-93.

11. Blagov Ju.V. Jevoljucija koncepcii i teorii strategicheskogo upravleniya [Evolution of the concept and theory of strategic management]. *Vestnik SPb un-ta*, Seriya 8, 2011, no. 1. pp. 3-26.

12. Acs, Z. J. et al. 2004. The missing link: the knowledge filter and entrepreneurship in endogenous growth. *Discussion Paper 4783*.

13. Lazear, E. P. 2005. Entrepreneurship. *Journal of Labor Economics*. 23 (4). pp. 649-680.

14. Novaja paradigma upravleniya social'no-jekonomicheskimi razvitiem regionov Rossii: kollektivnaja nauchnaja monografija [A new paradigm of socio-economic development of Russian regions: collective scientific monograph]. M.V. Vasil'eva, T. V. Vladimirova, E. V. Romanenko, V. P. Chasovskoj; pod obshh. red. M. V. Vasil'evoj; ANO sodejstvija razvitiyu sovremennoj otechestvennoj nauki Izdatel'skij dom «Nauchnoe obozrenie». Moscow, Planeta, 2013. 212 p.

15. *Laureaty Mezhdunarodnoj premii na vklad v issledovanija predprinimatel'stva i malogo biznesa (1996-2010)* [The winners of the International prize for contribution to the study of entrepreneurship and small business (1996-2010)]. Moscow, Izd. dom Vyshej shkoly jekonomiki, 2013. 526 p.

16. Романенко Е.В. Сектор малого предпринимательства: особенности формирования взаимосвязей [The small business sector: features of forming relationships]. *Rossijskoe predprinimatel'stvo*, 2010, no 7 (1). pp. 11-16.

17. Романенко Е.В. *Gosudarstvennaja podderzhka predprinimatel'skoj dejatel'nosti: uchebnoe posobie* [State support of entrepreneurial activity: tutorial]. Омск: СибАДИ. 2007. 92 p.

18. Романенко Е.В., Бирюков В.В. Малое и среднее предпринимательство в условиях модернизации российской экономики [Small and average business in conditions of modernization of the Russian economy]. *Vestnik SibADI*, 2015, no 2 (42). pp. 158-164.

Романенко Елена Васильевна (Россия, г. Омск) – кандидат экономических наук, заведующий кафедрой «Общая экономика и право», ФГБОУ ВО «СибАДИ». (644080, пр. Мира, 5, e-mail: romanenko_ev@sibadi.org).

Бирюков Виталий Васильевич (Россия, г. Омск) – доктор экономических наук, профессор, академик Российской академии социальных наук, проректор по научной работе ФГБОУ ВО «СибАДИ». (644080, пр. Мира, 5, e-mail: birukov_vv@sibadi.org).

Romanenko Elena Vasilyevna (Russian Federation, Omsk) – candidate of economic sciences, head of the department «The general economics and

law» of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Mira Ave., 5, e-mail: romanenko_ev@sibadi.org).

Biryukov Vitaly Vasilyevich (Russian Federation, Omsk) – doctor of economic sciences, professor, an academicien of the Russian academy of social sciences, the pro-rector for scientific work of The Siberian automobile and highway academy (SibADI). (644080, Mira Ave., 5, e-mail: birukov_vv@sibadi.org).

Работа подготовлена при поддержке гранта РГНФ (проект 16-12-55015).

УДК 336.6

РАЗВИТИЕ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ ПОТОКАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Б.Г. Хаиров^{1,2}, С.М. Хаирова²

¹Омский филиал Финансового университета при Правительстве РФ, Россия, Омск;

²ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье анализируется проблема эффективного использования промышленными предприятиями финансового потенциала в условиях экономической и финансовой нестабильности. Определено, что одним из условий эффективного управления капиталом является сокращение времени нахождения финансовых ресурсов в запасах, незавершенном производстве, дебиторской задолженности. Механизм управления финансовыми потоками на основе метода оценки добавленной стоимости для предприятий промышленности рассматривается как инструмент повышения финансовой устойчивости и конкурентоспособности предприятия.

Ключевые слова: финансовые потоки, механизм управления, метод оценки добавленной стоимости, промышленные предприятия.

Введение

Процесс формирования затрат связан с управлением финансовыми потоками, обеспечивающими непосредственно производственную деятельность, поскольку затрагивает практически все ее стороны. Поэтому для повышения эффективности деятельности российских промышленных предприятий актуальным становится внедрение механизма управления затратами и финансовыми потоками.

В достижении стратегических задач, стоящих перед предприятиями, важную роль играет инструментарий логистики, который лежит в основе функционирования механизма управления затратами и финансовыми потоками, основной задачей которой является эффективное распределение источников финансирования по элементам затрат с учетом их стоимости, срока использования ресурсов.

В то же время ряд вопросов, связанных с эффективностью реализации механизма управления затратами и финансовыми потоками, остается в научном и прикладном плане нерешенным. Сохраняет свою актуальность проблема обоснованного определения и оперативного формирования затрат, которая практически не связана со стратегическими целями предприятия, поскольку инструменты, используемые в рамках финансового механизма управления затратами, в основном строятся по принципу минимизации затрат и, как следствие, снижения себестоимости продукции и не учитывают влияния неявных затрат на эффективность реализации механизма управления финансовыми потоками в целом.

Очевидно, что разные источники финансирования производственной деятельности предприятия имеют различные значения параметров (процентная ставка, срочность, объемы) финансовых потоков,

которые являются ключевыми факторами при принятии решений о возможности использования того или иного ресурса. Однако при распределении источников финансирования в процессе планирования на определенные элементы затрат стоимость финансовых источников меняется в зависимости от видов затрат. Так, затраты на оплату труда несут в себе дополнительные затраты, связанные с обязательными отчислениями во внебюджетные фонды и т.д.

Оптимальное распределение источников финансирования на этапе планирования и реализации финансового механизма управления затратами позволяет финансовому менеджеру сопоставить структуру финансовых ресурсов со структурой затрат по элементам, предупредить кассовые разрывы, сократить длительность финансового цикла с целью финансовой устойчивости и оптимизации финансовых потоков, влияющих на конкурентоспособность предприятия.

В рамках синергетической парадигмы возникает возможность рассматривать механизм управления финансовыми потоками промышленных предприятий в качестве одного из принципов сквозной организации и преобразования экономических систем, что позволяет не только изучать их отдельные составные части, но и соединять воедино разрозненные детали сложной логистической системы с целью их оптимизации. Таким образом, управление затратами неотделимо от управления финансами промышленных предприятий, а механизм управления финансовыми потоками является составной частью финансового механизма управления предприятием.

Управление затратами и оптимизация финансовых потоков

Россия не сумеет создать эффективное рыночное хозяйство и достойно войти в глобальную экономику без крупномасштабной сферы услуг с развитым транспортом, связью, торговлей, финансово-кредитным и страховыми секторами, комплексом деловых услуг и другими отраслями услуг, отвечающими новым требованиям [1].

Актуальной задачей является нахождение оптимального сочетания параметров субъектов локализованных в правовой, экономической, экологической, технической и социальной плоскости [2].

Управление затратами необходимо для оптимизации финансовых потоков. На это

ссылались такие представители науки управления, как Т. Метколф, Ф. Тейлор, Г. Форд, которые не выделяли затраты в качестве элемента управления производством, однако обращение которых к ним имело важное научное значение.

Ф. Тейлор, основывая идею нормирования и планирования ресурсов на предприятии на основе учета производимых затрат, заявлял о необходимости производства с наименьшими затратами финансовых, трудовых, материальных ресурсов для достижения результата.

Внутрипроизводственное оперативное планирование и стандартизация основного и вспомогательного производства – это, инструменты, которые выделял Г. Форд для сокращения затрат средств и времени на предприятии. В качестве основной цели предприятия он определил изготовление продукции с минимальным расходом материала и человеческой силы.

Большой вклад в формирование теории управления затратами внес А. Файоль: среди основных операций управленческой деятельности он выделил учетную операцию, суть которой сводится к балансовым ведомостям, статистике, издержкам производства и инвентаризации. Таким образом, затраты нашли свое отражение в формирующейся теории управления предприятием.

Концепция управления расходами как независимое направление общей концепции финансового менеджмента стала развиваться с середины XX столетия, о чем свидетельствует появление понятия затрат в финансово-кредитных словарях, где предоставляется определение таких видов расходов, как расходы на производство, расходы на рубль товарного продукта, расходы на реализованную продукцию и многие другие, и выделяются способы, методы управления ими, их экономическая сущность с той или иной степенью детализации [3].

Переход от управленческого учета в сторону финансового менеджмента связан с публикацией книги К. Друри, Р. Каплан, в которой большая часть отводится теме управления затратами. В процессе рыночных изменений значительное развитие получила современная российская школа научного управления затратами. Российские авторы В.В. Ковалев, И.А. Бланк, И.Г. Кондратова и С.А. Котлярова, которые посвятили работы управлению капиталом предприятий и

финансовому анализу на современном этапе, внесли большой вклад в формирование теории управления затратами. С.А. Котлярова в своей работе «Управление затратами» [4] уделяет внимание вопросам управления затратами на предприятиях, при этом она затрагивает такие нюансы, как образование системы управленческого учета затрат и их историческое развитие. Можно сказать, что в современных условиях управление расходами является ключевой подсистемой управленческого учета, а также финансового механизма управления, как составной части финансового менеджмента, но также, следует отметить, что на разных исторических этапах к управлению затратами относились по-разному.

Конкурентоспособность и прибыльность предприятия может гарантировать увеличение надежности и устойчивости деятельности на основе разработки и внедрения механизма управления финансовыми потоками с учетом затрат как составляющей части общей управленческой системы промышленного предприятия. Нахождение рационального уровня имеющихся внутренних ресурсов, создание контрольных мероприятий за соблюдением данного уровня, их оптимальное использование с помощью прогнозов, планирования, координации, мотивации, учета и анализа затрат на производство и реализацию продукции направлены финансовый механизм управления затратами. Комплексный взвешенный характер, который выражается в единстве механизма финансового управления со стратегическими целями промышленного предприятия и в применении различных техник управления затратами для краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективы должен соответствовать процессу управления затратами. Оптимизации расходов служит механизм управления финансовыми потоками, а также он служит и для максимизации прибыли, которая является основной целью коммерческого предприятия. А. Пронишин считает, что в рамках данной цели необходимо минимизировать расходы при заданном объеме производства и максимизировать отдачу при заданном уровне затрат [5].

Руководители и специалисты предприятия, которые формируют организационную структуру затратной модели, выступают субъектами управления

расходами. Конфигурация финансового механизма управления расходами в организации определяет ее организационную структуру. Таким образом, между моделью финансового механизма управления расходами компании и областью его деятельности существует тесная связь, из-за того, что организационная структура учитывает особенности деятельности предприятия. Расходы предприятия, процедура их накопления и оптимизации представляют собой объекты управления.

Воздействие финансового механизма управления направлено на объект, исходя из этого выделяют свойства затрат, такие как:

а) динамичность – означает, что затраты находятся в постоянном движении, изменении; реальную ситуацию не отображает статичное рассмотрение затрат – это и определяет необходимость формирования механизма управления финансовыми потоками;

б) многовариантность – подразумевает присутствие немалого числа приемов, методов и способов управления расходами;

в) сложность измерения, учета и оценки – нет точных способов учета и измерения расходов.

При рассмотрении финансового механизма управления расходами промышленных предприятий необходимо учитывать основные принципы построения финансового механизма управления организацией [6].

Данные, которые связаны с планированием, анализом и учетом затрат, играют важную роль для разработки механизма управления финансовыми потоками предприятия, в том числе моделирования данного процесса. Фактор коммуникативности необходимо учитывать при построении информационного обеспечения. Авторы В.П. Савчук [7] и О.В. Ушурелу [8] выделяют в составе концепции стратегического управления затратами три направления стратегического менеджмента: концепция стратегического позиционирования, концепция затратнообразующих факторов и концепция цепочки ценностей. Другие же авторы (Н. Прохорова [9], Извольская, В. Владымцев [10]), рассматривают вышеуказанные направления как самостоятельные инструменты управления затратами. Г.С. Мерзликина и А.И. Заруднев [11] предлагают другой набор инструментов, которым оперирует стратегическое управление

затратами. К ним относятся функционально-стоимостной анализ, стратегический анализ общих затрат, управление динамикой затрат, управление транзакционными издержками, управление факторами поведения затрат. При сравнении концепции цепочки ценностей с концепцией добавленной стоимости следует отметить, что первая является более широким понятием. Так, концепция цепочки ценностей расширительно подходит к формированию и управлению затратами и принимает во внимание процессы, происходящие вне данного хозяйствующего субъекта. Управление затратами на основе добавленной стоимости не предполагает использование связей с покупателями и поставщиками, однако для того чтобы успешно позиционировать себя на рынке, необходимо учитывать издержки покупателя и затраты поставщика, которые связаны с поставкой сырья для производства и обслуживанием товара после покупки соответственно.

В международной практике ни один из инструментов управления затратами не применяется в чистом виде, а используются сразу несколько инструментов с целью создания интегрированных систем управления затратами чтобы достичь синергетический эффект от их одновременного функционирования.

Р.Д. Мак-Илхаттан, Р.А. Хауэлл, С.Р. Соуси являются основоположниками создания такого инструмента управления затратами, как Systemintime (SIT), что в переводе означает «точно во времени». Он явился результатом совместного использования системы «стандарт-кост» и учета затрат по центрам ответственности. Т.Ф. Тарасова, Э.А. Гомонко, Н. Прохорова, Ю. Лапыгин предлагают организовать интеграцию директ-костинга и стандарт-костинга, которую называют нормативным или стандартным директ-костингом (или нормативной системой учета переменных затрат), особенностью которой является разработка стандартов постоянных и переменных затрат. Стандарт-кост используют совместно с составлением гибких бюджетов, что позволяет контролировать изменение затрат на производство в случае изменения масштабов производства или загрузки оборудования [12].

По мнению А.А. Мицкевича, объединение с анализом цепи создания стоимости и инструмента ABC дает не только постатейное сокращение затрат, но и позволяет

обнаружить сверхнормативное потребление ресурсов, а также перераспределить их для получения наибольшего экономического эффекта [13]. А.А. Мицкевич также рассматривает объединение инструмента ABC с LCC для достижения положительного эффекта в области оптимизации затрат.

О.В. Ивашкевич, Н.А. Ермакова предлагают интегрировать целевое калькулирование (Target-costing) и ABC-инструмент (ABC-costing).

Ю.Н. Лапыгин [8], Н.Г. Прохорова и М.А. Осипов [14] дают следующие варианты интеграции инструментов управления затратами:

- а) ABC + EVA;
- б) ССП + EVA;
- в) ССП + ABC.

Сбалансированная система показателей (ССП) – методика предназначена для выявления прямых связей между бизнес-стратегией и финансовыми показателями. ССП делает акцент на нефинансовых показателях эффективности: традиционные бухгалтерские показатели финансового положения компании «балансируются» с помощью численной оценки таких, казалось бы, с трудом поддающихся измерению аспектов деятельности как степень лояльности клиентов, или инновационный потенциал компании. ССП позволяет связать стратегию предприятия и ключевые показатели эффективности работы персонала через т. н. ключевые показатели эффективности (Key Performance Indicators – KPI). Особенностью метода ABC является то, что в каждом конкретном случае для распределения накладных затрат используются другие показатели (базы распределения), отличные от объема производства. ABC-подход определяет виды деятельности (процессы, операции), которые вызывают возникновение затрат, и исследует основные носители затрат для этих видов деятельности.

Использование возможностей инструмента ABC позволяет оптимально распределить капитал, трансформировавшийся в затраты, по работам и продуктам, тем самым решив проблему распределения накладных расходов, а применение концепции EVA, в свою очередь, позволяет идентифицировать группу продукции, зарабатывающую добавленную стоимость для инвесторов. Таким образом, инструмент EVA становится идентификатором создания стоимости для

акционеров посредством улучшения структуры затрат. Интеграция системности и целостности ССП с математической точностью и экономической обоснованностью EVA позволяет достичь синергетического эффекта посредством включения EVA в качестве индикатора в финансовую проекцию ССП, в результате которого устраняется недостаток ССП в виде отсутствия базового ориентира, отражающего успешность реализации стратегии и эффективность функционирования предприятия. Система сбалансированных показателей основывается на процессном подходе, который соответствует идеологии ABC, поэтому предлагается использовать их совместно как взаимодополняющие друг друга [15]. Посредством применения технологии ABC появляется возможность получения информации, представляющей ценность для всех перспектив ССП. Совместное применение ABC и ССП позволяет сравнить целевые значения с полученными результатами в конце периода, что, в свою очередь, помогает поддерживать важность ABC и интерес к ней как основному источнику информации для получения количественных значений показателей.

Большинство инструментов управления издержками основывается на зарубежных: японских и американских теорий и практик. Инструментами управления затратами, получившими самое большое распространение в литературных источниках и в производственной работе компании, считаются стандарт-костинг, директ-костинг и способ ABC. Большинство инструментов имеет как достоинства, так и недочеты, которые сдерживают их применение.

Таким образом, на основании американской системы «стандарт-кост» сформировался нормативный метод учета затрат, между которыми много общего, но также есть и различия. Одинаковым для обеих систем является жесткое нормирование затрат, разработка нормативов затрат, учет полных затрат в пределах норм, оценка отклонений.

В «Стандарт-кост» текущий учет изменений норм не ведется, а также он не имеет единой методики установления стандартов. В рамках обеих систем отклонения от норм прямых затрат относятся на виновных лиц и финансовые результаты. Различно происходит включение косвенных затрат в себестоимость продукции. «Стандарт-кост» означает включение

косвенных расходов в пределах норм в себестоимость продукции, а отклонения фактических косвенных затрат от нормативов, которые были выявлены, списываются на счета финансовых результатах. А при нормативном методе - косвенные затраты относятся на себестоимость продукции в фактическом размере. Система внутривозвратного учета и система управления по центрам ответственности одинаковы.

Отечественная практика показывает, что решение о снижении затрат принимается только в том случае, когда продукция уже спроектирована и сдана в производство. Согласно японской же модели управления затратами - подобные ошибки выявляют еще на этапе разработки продукта, куда включаются кайдзен-костинг (кайдзен-костинг-проверить), таргет-костинг, а также функция поддержки достигнутой себестоимости.

В японской модели управленческого учета кайдзен-костинг и таргет-костинг используются совместно, так как установкой для обеих систем является выход на целевую себестоимость для кайдзен-костинга при производстве изделия, а для таргет-костинга - при проектировании изделия. Изделие будут производить тогда, когда при проектировании между сметной и целевой себестоимостью отклонение будет равно не более 10 % при том, что она будет сведена на нет при производстве изделия методом кайдзен-костинга. Исключение и минимизация этой разницы является кайдзен-задачей.

Таргет-костинг разработан в Японии на основе американской модели стоимостного проектирования (Value engineering или VE), который является прототипом отечественного функционально-стоимостного анализа.

Кайдзен-костинг же оперирует системами производства «Точно в срок» (Just-in-time system), тотальным управлением качеством (Total Quality Management) и системой Jidoka, которая предусматривает автономную работу производственных линий и станков, автоматически переставшие работать при возникновении сбоев в работе.

В традиционном виде система управления затратами большое внимание уделяет внутренним процессам, таким как потребители, закупки, изделия, функции; особенностью стратегического управления затратами является выход за рамки конкретного предприятия с целью взаимовыгодного использования связей с покупателями, заказчиками, поставщиками.

При сравнении концепции цепочки ценностей с концепцией добавленной стоимости следует отметить, что первая является более широким понятием.

Реализация стратегии управления оборотными средствами должна базироваться на комплексе взаимосвязанных инструментов:

- системный анализ внутренней и внешней среды, способствующий оценке динамичности, состава и структуры оборотных средств в рамках бизнес-процессов операционного цикла (снабжение, производство, реализация продукции, расчеты и инвестиции), влияния факторов на эффективность их использования, а также условий и особенностей промышленного производства;

- механизм реализации стратегии воспроизводства оборотных средств, обеспечивающий бесперебойное функционирование операционного цикла промышленного предприятия во взаимосвязи всех стадий кругооборота оборотных средств с учетом потребностей в материальных ресурсах, объема выпуска готовой продукции и ее продажи на товарных рынках, ликвидности средств в расчетах, авансирования свободных денежных средств;

- контроль выполнения внутрифирменных планов и бюджетов, способствующий оптимизации оборотных средств в производстве и обращении, увеличению объемов продаж, снижению материальных затрат, повышению эффективности использования оборотных средств, обеспечению финансовой устойчивости и платежеспособности виноторгового предприятия;

- прогнозирование индикативных показателей элементов оборотных средств и их финансирования, обеспечивающее построение прогнозных трендов эффективности использования оборотных средств и прогнозов по совокупному объему продаж, разработку бизнес-планов и перспективных программ развития производства по продаже алкоголя;

- разработка управленческих решений по корректировке политики эффективного кругооборота оборотных средств по результатам анализа и мониторинга операционного цикла товарного предприятия.

Комплексное рассмотрение сущности управления затратами предполагает проведение классификации вышерассмотренных инструментов по

различным признакам. Подходы к классификации инструментов управления затратами различны. И.В. Назарова [16] выделяет следующие инструменты управления затратами: а) инструменты, основанные на учетно-контрольных характеристиках затрат (абсорпшн-костинг, стандарт-костинг, директ-костинг, бюджетирование); б) инструменты, рассматривающие затраты как объект управления (концепция добавленной стоимости, концепция альтернативных затрат, точно в срок, анализ затрат жизненного цикла; современные технологии: кайдзен, таргет, бенчмаркинг, стратегическое управление затратами, управление затратами на качество, реинжиниринг, функциональный менеджмент). Первая группа инструментов характерна для изучения современными отечественными исследователями проблем управления затратами, вторую группу инструментов рассматривают в своих трудах знаменитые западные теоретики управленческого учета и управления затратами. Технологии учетной группы не берут во внимание экономические факторы функционирования реального предприятия, и для построения стратегически-ориентированного управления затратами их использование недостаточно [16]. Технологии управления затратами учетно-контрольной группы подразумевают не только учет, а технологии, относящиеся ко второй группе, – не только управление. Многие технологии из второй группы включают в себя как инструменты группировки данных, так и принятие управленческих решений на их основе. Традиционные системы основаны на сравнении фактических результатов с запланированными, на анализе выявленных отклонений и на действиях, которые способны влиять на будущие результаты так, чтобы они соответствовали сметным данным. Поэтому возникновение современных инструментов управления затратами продиктовано необходимостью перехода от анализа фактических затрат к стратегическому управлению затратами.

В зависимости от задач, решаемых в процессе управления затратами, А.В. Козаченко [6] рассматривает следующие группы инструментов: а) инструменты оперативного управления (кайдзен-костинг); б) инструменты стратегического управления (target-costing, LCC, CCP); в) инструменты антикризисного менеджмента и управления

конкурентоспособностью (кост-киллинг). Т.Ф. Тарасова и Э.А. Гомонко [15] выделяют такие инструменты управления затратами, как:

1) инструменты контроля (стандарт-кост);
2) инструменты снижения затрат и увеличения результатов (пооперационный (попроцессный) учет затрат, процессно-ориентированное управление затратами, метод сравнения ключевых показателей с наилучшей практикой, реинжиниринг бизнес-процессов, метод калькулирования целевой себестоимости, метод непрерывного совершенствования);

3) стратегические инструменты оптимизации затрат (анализ цепочки ценностей, стратегическое позиционирование, анализ затратнообразующих факторов). Перечисленные инструменты и всевозможные их комбинации предлагается использовать при построении финансового механизма управления затратами в следующих системах:

а) система управления затратами, основанная на учете полной номенклатуры статей затрат (стандарт-костинг, абзорпшн-костинг, TCM, ABC и т.д.);

б) система управления затратами, основанная на учете сокращенной номенклатуры статей затрат (простой и развитой директ-костинг);

в) контроллинг и система управления по центрам ответственности. Л.Е. Замураева [3] классифицируют инструменты управления затратами в зависимости от количества входящих в их состав элементов:

- одноэлементные (простые) (стандарт-костинг, директ-костинг);

- смешанные (TCM, ABC, JIT, SCA, FCA, LCC). А.А. Мицкевич [13] выделяет три подхода к управлению затратами: тотальный (управление всеми производственными затратами), маргинальный (базируется на методе Direct Costing) и функциональный (или кост-менеджмент). Кост-менеджмент использует такие инструменты, как ABC, LCC, стратегический анализ. Как видно, подходы авторов к классификации инструментов управления затратами не отличаются единообразием, что, безусловно, связано, во-первых, со сложностью и противоречивостью объектов управления, т.е. затрат, а, во-вторых, с многообразием самих инструментов управления затратами. Каждый автор привносит свой вклад в решение данной проблемы.

Заключение

В ходе нашего исследования выявлено, что данный инструментарий, центральное место в составе которого занимают разнообразные инструменты управления затратами, очень разнообразен и это делает его более уникальным. Этот факт дает некоторую возможность хозяйствующим субъектам в своей практической деятельности использовать данный инструментарий, эффективные и инновационные инструменты управления затратами.

Рассмотренные инструменты являются базовыми для оптимизации финансовых потоков механизма управления затратами, с их помощью предприятие может осуществить выполнение функций управления затратами, однако, чтобы цели были достигнуты и не разочаровали руководство предприятия нужно знать некоторые факторы, при которых получится эффективное использование ресурсов:

а) некоторые инструменты не универсальны для абсолютно всех предприятий и их разработка не имеет особого смысла;

б) выбор инструмента связан с проведением черты при которой будет положительная полоса между затратами и результатами;

в) при построении системы управления затратами необходимо учитывать факторы, влияющие на выбор составных элементов данной системы.

Таким образом, можно сделать вывод, что универсальных инструментов управления затратами нет. Можно сказать, что любой из вышеперечисленных инструментов управления затратами применим с учетом его преимуществ, недостатков, сферы использования разных видов предпринимательской деятельности, с учетом особенностей производственного цикла, государственных законов по налогообложению, наличия высококвалифицированных специалистов, хорошо налаженной нормативной базы, специфики финансово-хозяйственной деятельности предприятия, его внешних возможностей и рисков. Выбор инструмента управления затратами делает руководитель предприятия и от того насколько он будет оптимальным и правильным с точки зрения доходности, зависит качество информационной базы для планирования, контроля и анализа финансовых потоков, а

также степень эффективности финансового механизма управления затратами. В заключение можно сделать небольшой вывод, что сделанный анализ инструментов управления затратами является основой для пересмотра существующего, и внедрения нового финансового механизма управления затратами на промышленных предприятиях с участием государственной собственности. Следуя логике, данный механизм, на основе которого в данном исследовании и разрабатывается финансовый инструмент управления затратами задача которого состоит в эффективном распределении финансовых ресурсов промышленного предприятия, выбирается концепция EVA.

В процесс управления необходимо структурировать оборотные средства, манипулировать их составом, чтобы обеспечить бесперебойное функционирование как товарного оборота в целом, так и его отдельных отраслей и предприятий, обеспечивая в свою очередь их ликвидность и платежеспособность.

Библиографический список

1. Хаирова, С.М. Внедрение интегрированных моделей оптимизации цепей поставок и формирование логистического сервиса в транспортных системах / С.М. Хаирова // Вестник СибАДИ. – 2013. – № – 4 (32). – С. 163-170.
2. Хаиров, Б.Г. Ценообразование в российских отраслевых логистических сетях в условиях частно-государственного сотрудничества / Б.Г. Хаиров // РИСК: Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция. – 2014. – № II. – С. 117-122.
3. Новашина, Т.С. Управление затратами банка / Т.В. Карасева. – М.: БДЦ-пресс, 2005. – 164 с.
4. Котляров, С.А. Управление затратами: учеб. пособие / С.А. Котляров. – СПб.: Питер, 2001. – 160 с.
5. Пронишин, А. Управление затратами. Больше прибыли от вашего бизнеса [Электронный ресурс] / А. Пронишин. – Режим доступа: <http://logolex.kiev.ua/articles/8/221/>
6. Зиновьева, И.В. Финансовый механизм управления затратами на предприятиях по производству ракетно-космической техники // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2012. – № 11 (97). – С. 38-41
7. Савчук, В.П. Управление финансами предприятия / В. П. Савчук. – 2-е изд., стереотип. – М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2005. – 480 с.
8. Ушурелу, О.В. Новые методы управления затратами в современной мировой практике [Электронный ресурс] / О.В. Ушурелу // Интернет-издание Тираспольской школы политических

исследований. – 2007. – № 3. – Режим доступа: <http://www.pmr21.info/article.php?art=27>

9. Лапыгин, Ю. Управление затратами на предприятии. Планирование и прогнозирование, анализ и минимизация затрат: практ. руководство / Ю. Лапыгин, Н. Прохорова. – М.: Эксмо, 2007. – 102 с.

10. Владымыцев, Н.В. Экономические аспекты формирования концептуальных основ управления затратами / Н.В. Владымыцев, Е.А. Извольская // Методология управления затратами. – 2008. – № 14 (119). – С. 22-26

11. Заруднев, А.И. Управление затратами хозяйствующего субъекта / А.И. Заруднев, Г.С. Мерзликина. – М.: ЮНИТИ, 2006. – 96 с.

12. Рубинштейн, Е.И. Управление затратами: учеб. пособие / Е.И. Рубинштейн. – Сургут: Изд-во СурГУ, 2004. – 149 с.

13. Замураева, Л.Е. Управление затратами : учеб. пособие / Л.Е. Замураева. – Тюмень: Изд-во Тюмен. гос. ун-та, 2009. – 264 с.

14. Мицкевич, А.А. Управление затратами и прибылью / А.А. Мицкевич. – М.: ОЛМА-ПРЕСС Инвест: Ин-т экон. стратегий, 2003. – 192 с.

15. Осипов, М.А. Концепция экономической добавленной стоимости в финансовом управлении российских компаний: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.10 / М.А. Осипов. – М., 2004. – 125 с.

16. Гомонко, Э.А. Управление затратами на предприятии: учебник / Э.А. Гомонко, Т.Ф. Тарасова. – М.: КНОРУС, 2010. – 320 с.

17. Назарова, И.В. Управление затратами – новый взгляд / И.В. Назарова // Изв. Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. – 2007. – № 33.

DEVELOPMENT MECHANISM OF MANAGEMENT OF FINANCIAL FLOWS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

B.G. Khairov, S.M. Khairova

Abstract. The article analyzes the problem of effective use of the industrial potential of the financial companies in terms of economic and financial instability. It was determined that one of the conditions for effective money management is to reduce the residence time of financial resources in stocks, work in progress, accounts receivable. The mechanism of management of financial flows based on the method of assessing the added value for the industry enterprises is seen as a tool for enhancing financial stability and competitiveness of the enterprise.

Keywords: financial flows, the control mechanism, the method of assessment of value added industries.

References

1. Khairova S.M. Vnedrenie integrirovannykh modelej optimizacii cepej postavok i formirovanie logisticheskogo servisa v transportnyh sistemah [The introduction of integrated models of optimization of

supply chains and the formation of logistics service in transport systems]. *Vestnik SibADI*, 2013, no 4 (32). pp. 163-170.

2. Khairov B.G. Cenobrazovanie v rossijskikh otraslevykh logisticheskikh setjah v uslovijah chastno-gosudarstvennogo sotrudnichestva [Pricing in the Russian sector of logistics networks in terms of public-private cooperation]. *RISK: Resursy. Informacija. Snabzhenie. Konkurencija*, 2014, no II. pp. 117-122.

3. Novashina, T.S. *Upravlenie zatratami banka* [Bank Cost Management]. Moscow, BDC-press, 2005. 164 p.

4. Kotljarov S.A. *Upravlenie zatratami* [Cost management]. St. Petersburg, Piter, 2001. 160 p.

5. Pronishin A. *Upravlenie zatratami. Bol'she pribyli ot vashego biznesa*. Available at: <http://logolex.kiev.ua/articles/8/221/>

6. Zinov'eva I.V. Finansovyj mehanizm upravlenija zatratami na predpriyatijah po proizvodstvu raketno-kosmicheskoy tehniki [Financial mechanism of cost management in enterprises for the production of rocket and space technology]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo jekonomicheskogo universiteta*, 2012, no 11 (97). pp. 38-41

7. Savchuk V.P. *Upravlenie finansami predpriyatija* [Financial management of the enterprise]. Moscow, BINOM. Lab. znaniy, 2005. 480 p.

8. Ushurelu O.V. *Novye metody upravlenija zatratami v sovremennoj mirovoj praktike* [The new cost management techniques in the modern world practice]. *Internet-izdanie Tiraspol'skoj shkoly politicheskikh issledovanij*, 2007, no 3. Available at: <http://www.pmr21.info/article.php?art=27>

9. Lapygin Ju., Prohorova N. *Upravlenie zatratami na predpriyatii. Planirovanie i prognozirovanie, analiz i minimizacija zatrat* [Cost management in the enterprise. Planning and forecasting, analysis and minimization of costs]. Moscow, Jeksmo, 2007. 102 p.

10. Vladymcev N.V., Izvol'skaja E.A. *Jekonomicheskie aspekty formirovanija konceptual'nyh osnov upravlenija zatratami* [Economic aspects of the formation of the conceptual foundations of cost management]. *Metodologija upravlenija zatratami*, 2008, no 14 (119). pp. 22-26

11. Zarudnev A.I., Merzlikina G.S. *Upravlenie zatratami hozjajstvujushhego subekta* [Cost management of an economic entity]. Moscow, JuNITI, 2006. 96 p.

12. Rubinshtejn E.I. *Upravlenie zatratami* [Cost management]. Surgut: Izd-vo SurGU, 2004. 149 p.

13. Zamuraeva L.E. *Upravlenie zatratami* [Cost management]. Tyumen': Izd-vo Tjumen. gos. un-ta, 2009. 264 p.

14. Micevich A.A. *Upravlenie zatratami i pribyl'ju* [Managing costs and profit]. Moscow, OLMA-PRESS Invest: In-t jekon. strategij, 2003. 192 p.

15. Osipov M.A. *Koncepcija jekonomicheskoy dobavlennoj stoimosti v finansovom upravlenii rossijskikh kompanij avtoref. dis. kand. jekon. nauk* [The concept of economic value added in the financial management of Russian companies]. Moscow, 2004. 125 p.

16. Gomonko Je.A., Tarasova T.F. *Upravlenie zatratami na predpriyatii* [Cost management in the enterprise]. Moscow, KNORUS, 2010. 320 p.

17. Nazarova I.V. *Upravlenie zatratami - novyj vzgljad* [Cost management - a new look]. *Izv. Rossijskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A. I. Gercena*, 2007, no 33.

Хаиров Бари Галимович (Россия, Омск) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Финансы и кредит», заместитель директора по научной работе Омского филиала Финансового университета при Правительстве РФ, (644001, г. Омск, ул. Масленникова, д.43, e-mail: hairov@bk.ru).

Хаирова Саида Миндуалиевна (Россия, Омск) – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление качеством и производственными системами» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644050, г. Омск, пр. Мира д.5, e-mail: saida_hairova@mail.ru).

Khairov Bari Galimovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of economics sciences, Associate Professor of «Finance and Credit», Deputy Director for Research of the Omsk branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation (644001, Omsk, Maslennikov, d.43, e-mail: hairov@bk.ru).

Khairova Said Mindualievna (Russian Federation, Omsk) – doctor of economics sciences, professor, of The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644050, Omsk, Mira, 5, e-mail: saida_hairova@mail.ru).

УДК 338.47:656.07

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ГРУЗОВЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Н.Н. Чепелева

ФГБОУ ВО СибАДИ, Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье представлены основные этапы процесса идентификации ключевых компетенций грузовых автотранспортных предприятий как структурные элементы методологии формирования ресурсной стратегии с позиции интеграционно-приоритетного подхода. Обосновывается необходимость их выявления для эффективного управления ресурсами предприятий и определения направлений дальнейшего развития. Акцентируется внимание на динамической особенности ключевых компетенций, требующей постоянного контроля и периодической корректировки стратегических планов предприятия.

Ключевые слова: ресурсы, ресурсная стратегия, информационная база данных деятельности предприятий, ключевые компетенции, грузовое автотранспортное предприятие.

Введение

На сегодняшний день не ослабевает интерес научных исследований, связанных с практическим решением вопросов стратегического управления на российских предприятиях и во многом это связано с принятием в 2014 году закона «О стратегическом планировании в РФ». Представленная статья связана с развитием ресурсной концепции фирмы в теории стратегического менеджмента, требующей операционализации уже около 10 лет, поскольку ее основная методическая проблема – идентификация ключевых компетенций и отсутствие их общепринятого определения – не решена. Недостаток универсальных и объективных способов их выявления вызывает критику данного теоретического направления, поэтому предприятиям отрасли необходимо предложить технологию определения ключевых компетенций, учитывающих особенности их деятельности и условий функционирования на рынке автотранспортных услуг.

Выявление ключевых компетенций автотранспортных предприятий в современных условиях

Интеграционно-приоритетный подход к формированию ресурсной стратегии грузового автотранспортного предприятия [1] предполагает, что она, как приоритетная в системе стратегических планов предприятия, разрабатывается с целью определения и развития конкурентных преимуществ, а также для обеспечения конкурентоспособности на рынке автотранспортных услуг при условии

интеграции предприятий-конкурентов в единой информационной системе. Необходимость интеграции в современном мире вызвана тем, что развитие бизнес-структур при других условиях не позволяет достичь максимального эффекта [2, с. 80]. То есть интеграция – это важнейший вопрос развития перспектив и потенциала предприятий [2, с. 79].

Информационная интеграция предприятий позволяет обмениваться сведениями и является инструментом оценки их потенциала, определения рыночного рейтинга и определения конкурентных преимуществ, вызванных реализацией ключевых компетенций, которые, в свою очередь, обеспечиваются использованием стратегических ресурсов. Она актуальна в связи с отсутствием системы полного статистического учета среди представителей малого бизнеса, ведь в сфере грузовых перевозок, как известно, подавляющее большинство участников – это малые предприятия, микропредприятия и индивидуальные предприниматели [3].

Реализация ресурсной стратегии – это воплощение разработанных мероприятий по повышению конкурентоспособности предприятия с помощью методов и инструментов развития его ресурсов, особенный интерес среди которых представляют стратегические ресурсы.

Методология формирования ресурсной стратегии состоит из ряда структурных элементов [4, с. 60; 5, с. 1421], среди которых необходимо выделить идентификацию ключевых компетенций.

Данный элемент ресурсной стратегии представляет наибольший интерес с точки зрения научного исследования, поскольку до сих пор остается дискуссионным вопрос не только об идентификации, но и о самом понятии ключевых компетенций [6, с. 29-30]. Сложилась парадоксальная ситуация, когда большое количество работ посвящено разработкам методик формирования, развития и защиты ключевых компетенций предприятий, их различным классификациям, но нет общепринятой технологии идентификации. То есть понятно, как развивать и защищать, но не вполне понятно что.

Итак, не возникает сомнений, что ключевые компетенции – основа современного организационного проектирования [7, с. 55]. Они вынуждают предприятия так формировать свою деятельность, чтобы можно было их развивать, используя стратегические ресурсы.

Ключевые компетенции проявляются на пересечении внутренних условий деятельности предприятия и потребительских предпочтений [7, с. 54]. Очень часто в научной литературе их связывают с сотрудниками компаний. Но если сконцентрировать усилия предприятия на этом направлении, то можно столкнуться с риском утраты ключевых компетенций после ухода сотрудника. Такой подход изначально не совсем корректен, так как может обернуться большими временными и финансовыми потерями. Поэтому, изначально нужно отметить, что определение ключевых компетенций – процесс творческий и его успех во многом зависит от таланта лица, принимающего решения, но нельзя все свести только к способностям персонала. Необходимо максимально подробно формализовать процесс идентификации ключевых компетенций с той целью, чтобы даже в случае смены персонала, в CreateSurvey. В качестве его достоинств отмечены хорошие «...возможности защиты информации и инструменты для администрирования времени при заполнении анкеты» [8, с. 120]. Хотя эти услуги стоят дороже, чем на аналогичных сайтах, но можно приобрести месячную подписку, что значительно дешевле.

Также предлагается использовать специализированные программы, например,

организации сохранялся опыт отслеживания ключевых компетенций, была возможность этому научиться и продолжить развитие деятельности предприятия, используя накопленный опыт.

Перед исследованием стоит задача – выявить, в какой момент пересекаются потребительские предпочтения и условия деятельности предприятия. Как правило, это происходит в процессе поиска клиентом «нужной» компании. То, на что обращает внимание будущий потребитель автотранспортной услуги, изучая перечень перевозчиков, рекламирующих свою деятельность, и есть ключевая компетенция, потому что она привлекает внимание клиента к конкретной особенности деятельности или заставляет его обращаться в эту компанию вновь.

Ответ содержится, как правило, на сайтах предприятий. Рекламируя свою деятельность, предприятия информируют потенциальных покупателей о ее особенностях и условиях, результатах и методах работы, производственно-техническом оснащении и прочих важных для принятия решений клиентом вопросах. То, за счет чего удастся привлечь покупателей, а, значит, и увеличить прибыль, является конкурентным преимуществом предприятия, выгодно отделяющим его от конкурентов и обеспечиваемое реализацией ключевых компетенций.

На это обратили внимание авторы работы [8], предложившие в качестве способа выявления ключевых компетенций предприятий использование анкетирования своих клиентов. Обзор программного обеспечения, позволяющего через интернет распространять и обрабатывать сведения из опросников, показал, что на сегодняшний день наиболее приемлемым программным продуктом для этой цели является

Quiz-Creator, или разработать собственное программное обеспечение.

Таким образом, современная методика выявления ключевых компетенций предполагает использование опроса покупателей для ранжирования свойств автотранспортных услуг, многофакторный сравнительный анализ и программное обеспечение (рис.1).

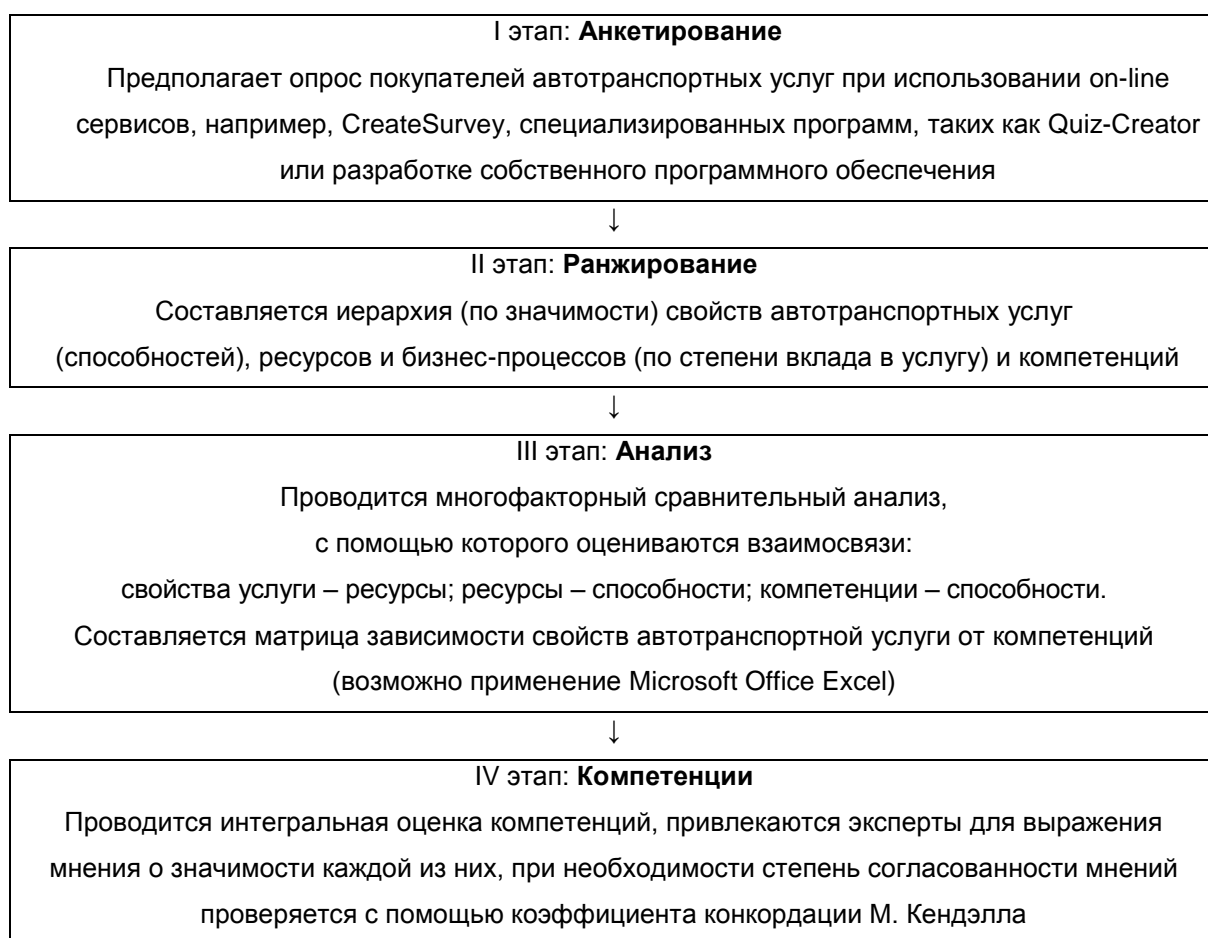


Рис. 1. Схема поэтапного выполнения работ по выявлению ключевых компетенций грузового автотранспортного предприятия

Возможности выявления ключевых компетенций автотранспортных предприятий при условии государственной поддержки

Необходимо отметить, что поскольку процесс идентификации ключевых компетенций в современных условиях все еще остается трудной задачей, успех решения которой во многом определен субъективными мнениями экспертов, он, тем не менее, требует своего безотлагательного решения. Эта сложность привела к тому, что в целом развитие ресурсного взгляда на природу фирмы зашло в тупик, поскольку нет ответа на вопрос о том, как можно выявлять ключевые компетенции. Представленная схема, хотя и дает ответ на поставленный вопрос, тем не менее, содержит ряд недостатков, не позволяющих применять ее на предприятиях малого бизнеса.

Как уже было отмечено, большинство перевозчиков в Омске и Омской области – это представители малого бизнеса. Покупка программного обеспечения, как правило,

непростая задача для большинства из них, а учитывая существенное сезонное влияние на объем транспортных услуг, можно предположить, что оно не всегда будет востребовано. Также предложенная методика предполагает привлечение экспертов для выражения мнения, что также сложно представить в условиях деятельности индивидуальных предпринимателей или даже микропредприятий, потому что в данном случае экспертом будет являться сам предприниматель.

Следующая проблема – это скорость изменений на рынке. Ситуация может меняться так стремительно, что ключевыми будут являться разные компетенции при разных условиях. Другими словами, на представленной схеме не учтен жизненный цикл ключевых компетенций. Данное понятие предложено в работе [9] и предполагает необходимость мониторинга состава ключевых компетенций, а для этого нужно будет опять опрашивать клиентов и учитывать мнения экспертов, что крайне

неудобно и требует временных и финансовых затрат.

В связи с этим, можно предположить, что представленная схема подходит скорее для средних и крупных предприятий, а большая часть Омских перевозчиков не сможет воспользоваться ею на практике в силу скромных масштабов своей деятельности. Тем не менее, подавляющее количество участников рынка автотранспортных услуг нуждаются в координации и указании направлений развития бизнеса, что возможно осуществить при взаимодействии с региональными органами власти.

По мнению В.А. Персианова, главной причиной роста аварийности и травматизма, повышения транспортных издержек и снижения эффективности работы транспорта, высокого износа подвижного состава и растущих «пробок» на дорогах является ослабление рычагов государственного регулирования и управления [10, с. 15]. Большое количество индивидуальных предпринимателей действуют сегодня на рынке автотранспортных услуг на неэффективной стохастической основе, поэтому «...необходимость научного руководства и управления транспортом с каждым годом становится все более настоятельной» [10, с. 19]. В работе А.Д. Хмельницкого также говорится о том, что для формирования цивилизованного рынка автотранспортных услуг нужен специализированный допуск хозяйствующих субъектов к осуществлению перевозки грузов [11, с. 54]. Формирование информационного пространства [11, с. 57], необходимо для «...обеспечения безопасности функционирования автотранспортного комплекса, повышения социально-экономической эффективности деятельности хозяйствующих субъектов, ... а также оптимизации транспортных потоков» на базе информационно-коммуникационных технологий.

Следовательно, без государственного участия усилиями только индивидуальных перевозчиков невозможно создать цивилизованный рынок и конкурентоспособные предприятия.

Необходима государственная поддержка при создании информационной системы, в которой накапливаются сведения о деятельности участников транспортного процесса и которая может быть использована как для управления транспортным комплексом в целом, так и для оценки потенциала предприятий, их конкурентоспособного рейтинга и выявления ключевых компетенций [12, с. 115].

При условии создания и функционирования с помощью государственной поддержки в регионе подобной системы, процесс идентификации ключевых компетенций для предприятий транспорта становится реальным (рис. 2). После регистрации в системе и предоставления данных о своей деятельности, они на объективной основе могут определить свое место среди конкурентов, узнать сильные стороны по сравнению с другими участниками рынка автотранспортных услуг и обозначить направления развития бизнеса.

В подобных условиях реальным представляется и регулярное привлечение экспертов для выражения мнения относительно свойств автотранспортных услуг на отдельных сегментах рынка, так как при наличии информационной базы можно проводить кластерный анализ и выявлять ключевые компетенции у предприятий различных кластеров, то есть конкурирующих на отдельных сегментах рынка групп.

Можно встретить возражения относительно готовности региональных органов власти поддержать подобный проект. Однако, по мнению А.Д. Хмельницкого [11, с. 58], регулирование рынка грузовых автотранспортных услуг обеспечит рост бюджетных поступлений за счет уменьшения теневого бизнеса, снижение транспортных издержек за счет сокращения порожнего пробега и потребности в подвижном составе, а также нагрузки на улично-дорожную сеть и экологического ущерба, наносимого окружающей среде.



Рис. 2. Схема поэтапного выполнения работ по выявлению ключевых компетенций грузового автотранспортного предприятия на основе использования региональной информационной системы

Заключение

Процесс стратегического управления предприятиями требует определения ключевых компетенций с целью разработки ресурсной стратегии, реализации ее мероприятий и закрепления рыночного рейтинга. Идентификация ключевых компетенций является сложным процессом с точки зрения обеспечения объективности и выполнить точную оценку потенциала или рассчитать рейтинг самостоятельно силами малого предприятия практически невозможно. В решении этой проблемы большую роль должно сыграть участие государственных органов управления,

поскольку стратегический менеджмент должен учитывать системообразующий фактор.

Библиографический список

1. Чепелева, Н.Н. Специфика формирования ресурсной стратегии грузового автотранспортного предприятия на основе интеграционно-приоритетного подхода / Н.Н. Чепелева // Вестник Омского университета. Серия: Экономика. – 2013. – №2. – С.137-142.
2. Александров, С.Ю. Концепция формирования интегрированных корпоративных структур в промышленности на основе развития ключевых бизнес-компетенций / С.Ю. Александров // Известия Санкт-Петербургского

государственного экономического университета. – 2015. – №3 (93). – С.79-83.

3. Официальный сайт территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Омской области [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://omsk.gks.ru> (дата обращения – 17.08.2016).

4. Чепелева, Н.Н. Модель формирования ресурсной стратегии грузового автотранспортного предприятия на основе интеграционно-приоритетного подхода / Н.Н. Чепелева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. – №4. – С.59-62.

5. Чепелева, Н.Н. Моделирование процесса формирования ресурсной стратегии автотранспортного предприятия / Н.Н. Чепелева // Архитектура, строительство, транспорт: сборник материалов Международной научно-практической конференции (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ») 02-03 декабря 2015 г. / СибАДИ. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВПО «СибАДИ», 2015. – С. 1416-1423.

6. Маркова, В.Д. Методические аспекты выявления ключевых компетенций компании / В.Д. Маркова // Экономическая наука современной России. – 2014. – №1 (64). – С. 29-36.

7. Мерзликина, Г.С. Повышение инновационного потенциала организации с использованием ключевых компетенций / Г.С. Мерзликина, И.В. Пшеничников, О.С. Полина // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2016. – №7 (186). – С. 54-56.

8. Филиппи, Э.С. Практические аспекты внедрения методики выявления ключевых компетенций / Э.С. Филиппи, А.М. Попович // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2012. – №2 (10). – С.116-122.

9. Варламова, З.Н. Жизненный цикл ключевой компетенции организации / З.Н. Варламова // Вестник Омского университета. Серия: Экономика. – 2014. – №2. – С. 41-45.

10. Персианов, В.А. Государственное регулирование на транспорте: сквозь призму общественного блага / В.А. Персианов, А.А. Орлюк, Т.Н. Сакульева // Транспорт: наука, техника, управление. – 2015. – №3. – С.15-19.

11. Хмельницкий, А.Д. Комплекс регуляторов и механизмов функционирования автотранспортного комплекса в крупных городах / А.Д. Хмельницкий // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2014. – №2 (37). – С.52-59.

12. Чепелева, Н.Н. Определение рейтинга грузовых автотранспортных предприятий как обязательный элемент процесса формирования ресурсной стратегии / Н.Н. Чепелева // Вестник Омского университета. Серия: Экономика. – 2011. – №4. – С.114-119.

THE PRACTICAL ASPECTS OF MOTOR TRANSPORT COMPANIES' CORE COMPETENCES DEFINITION

N.N. Chepeleva

Abstract. The technology of identification of motor transport companies' core competences as a structural element of the resource strategy's formation methodology from the perspective of integration-and-priority approach is presented in article. Detecting it is necessary for the effective resources management and finds the further development areas. The attention is focused on the core competences' dynamic characteristics requires constant control and updating strategic plans of the company.

Keywords: resources, resource strategy, information enterprises' activity data base, core competences, motor transport company.

References

1. Chepeleva N.N. Spetsifika formirovaniia resursnoi strategii gruzovogo avtotransportnogo predpriiatiia na osnove integratsionno-prioritetnogo podkhoda [Resource strategy of cargo transport enterprise: integration-and-priority approach]. *Vestnik Omskogo universiteta. Seriya: Ekonomika*, 2013, no 2, pp. 137-142.

2. Aleksandrov S.Y. Kontseptsiia formirovaniia integrirovannykh korporativnykh struktur v promyshlennosti na osnove razvitiia kluichevykh biznes-kompetentsii [The concept of formation of integrated corporate structures in industry based on the development of key business competencies]. *Izvestia Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, 2015, no 3 (93), pp. 79-83.

3. Ofitsial'nyi sait territorial'nogo organa Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki po Omskoi oblasti [The official website of the territorial body of the Federal State Statistics Service in Omsk Region]. Available at: <http://omsk.gks.ru> (accessed: 26 August 2016).

4. Chepeleva N.N. Model' formirovaniia resursnoi strategii gruzovogo avtotransportnogo predpriiatiia na osnove integratsionno-prioritetnogo podkhoda [Model of transport company resort strategy's building: integration-and-priority approach]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2013, no 4, pp. 59-62.

5. Chepeleva N.N. Modelirovanie protsesssa formirovaniia resursnoi strategii avtotransportnogo predpriiatiia [Modeling of the Motor Transport Enterprise Resource Strategy's Formation]. *Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii «Arhitektura, stroitel'stvo, transport»* [Coll. of art. Int. Scient. and Prod. Conf. «Architecture. Building. Transport»]. Omsk, 2015, pp. 1416-1423.

6. Markova V.D. Metodicheskie aspekty vyivleniia kluchevykh kompetentsii kompanii [Methodological aspects of the company to identify key competencies]. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoi Rossii*, 2014, no 1 (64), pp. 29-36.

7. Merzlikina G.S., Pshenichnikov I.V., Polina O.S. Povyshenie innovatsionnogo potentsiala organizatsii s ispol'zovaniem kluchevykh kompetentsii [Increase of organization's innovation potential with use of core competencies]. *Izvestiia Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2016, no 7 (186), pp. 54-56.

8. Filippi E.S., Popovich A.M. Prakticheskie aspekty vnedreniia metodiki vyivleniia kluchevykh kompetentsii [Practical aspects of the introduction of techniques to identify key competencies]. *Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovaniia*, 2012, no 2(10), pp. 166-122.

9. Varlamova Z.N. Zhiznennyi tsikl kluchevoi kompetentsii organizatsii [The life cycle of the organizational core competencies]. *Vestnik Omskogo universiteta. Seriya: Ekonomika*, 2014, no 2, pp. 41-45.

10. Persianov V.A., Orlyuk A.A., Sakulyeva T.N. Gosudarstvennoe regulirovanie na transporte: skvoz' prizmu obshchestvennogo blaga [State regulation on transport: through a prism of the public benefit]. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie*, 2015, no 3, pp. 15-19.

11. Khmel'nitskiy A.D. Kompleks reguljatorov i mehanizmov funkcionirovaniya avtotransportnogo kompleksa v krupnykh gorodakh [Complex of regulators and mechanisms of motor transport business functioning in big cities]. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*, 2014, no 2 (37), pp. 52-59.

12. Chepeleva N.N. Opredelenie reytinga gruzovykh avtotransportnykh predpriyatii kak obyazatel'nyy element protsessa formirovaniya resursnoy strategii [Building Resource Strategy: Trucking Company Ranking as an Inherent Element]. *Vestnik Omskogo universiteta. Seriya "Ekonomika"*, 2011, no 4, pp. 114-119.

Чепелева Наталья Николаевна (Омск, Россия) – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры Экономика и управление предприятиями ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, ауд. 3202 e-mail: chepelevann@mail.ru).

Chepeleva Natalya Nikolaevna (Russian Federation, Omsk) – candidate economical sciences, Associate Professor in Department of Economics and Enterprises Management, Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, e-mail: chepelevann@mail.ru).

УДК 331.108.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ ТОРГОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.И. Чумаков, И.Н. Горелова

Омский государственный технический университет, Омск, Россия.

Аннотация. В работе обосновано выделение изучения квалификационного потенциала в структуре трудового и человеческого потенциала на уровне отдельного предприятия как максимально возможной степени овладения профессией на данном предприятии. Авторы сравнивают социологический и экономический подход к определению квалификационного потенциала и делают выбор в пользу последнего. Обосновывается сужение поля исследования до вопросов квалификационного потенциала в сфере торговли, рассмотрены проблемы определения уровня квалификации в торговле и то, как их решают предприниматели отрасли. Приведена собранная авторами статистика по уровням квалификации в торговле. Рассмотрены вопросы определения квалификации и квалификационных уровней в торговле. Предложены дополнительные факторы, влияющие на квалификационный потенциал. Предложены способы оценки квалификации работника в торговле. Сформулированы перспективы и сложности использования тренингов для повышения квалификационного потенциала.

Ключевые слова: квалификационный потенциал, квалификационный уровень, трудовые ресурсы, рабочая сила.

Введение

В последнее время все чаще внимание исследователей сосредотачивается на вопросах развития человеческих способностей к труду. Данное внимание во многом продиктовано формированием нового

типа экономики – инновационной, или как ее часто обозначают – коммуникационной, в которой центральной движущей силой являются именно способности человека к труду.

Немаловажное значение при развитии последних имеет понятие трудового потенциала, которое определяется чаще всего как «максимально возможное использование труда работников» [1], в том числе включающее реализацию еще непроявленных способностей, а также предполагаемое в будущем или в определенных условиях количественное и качественное состояние трудовых ресурсов.

Формирование понятия квалификационного потенциала

Концепция трудового потенциала активно складывалась в начале 80-х годов на ожиданиях модернизации всего общества [2,3]. Само понятие потенциала, пришедшее из технической сферы, хорошо согласовывалось с термином «рабочая сила», которая с немецкого (*die Arbeitskraft*) переводится, скорее, как «рабочая мощь», и с трудовыми ресурсами, определяя именно возможности их развития. До сих пор публикуются учебники, в которых трудовой потенциал является ведущей категорией экономики труда наравне с понятиями «трудовые ресурсы» и «рабочая сила» [4].

По нашему мнению преимуществом потенциального (ресурсного) подхода является то, что он позволяет наметить стратегию развития, планировать поэтапное преобразование всех составляющих хорошего работника [5] – образования, опыта, мотивации, ресурсов рабочего времени, нравственности, творческих способностей до некоего будущего лучшего состояния. То есть понятие трудового потенциала позволяет задать вектор преобразования человеческих способностей к труду и контролировать данный процесс.

Актуальность темы трудового потенциала и его составляющих подчеркивается большим количеством исследований по данной теме, выполненной за последнее время. Мы считаем необходимым рассмотреть структурные составляющие трудового потенциала и отметить место квалификационного потенциала в данной структуре, а также рассмотреть специфику определения квалификационного потенциала в такой важной сфере деятельности как торговля.

Отметим, что работ по исследованию структуры трудового потенциала каждый год в российских научных журналах публикуется довольно много.

Для сравнения – в иностранной научной литературе не встречается настолько

глубокой проработки понятий «рабочая сила», «трудовые ресурсы» и «трудоустройство». Например, в англоязычных научных исследованиях рабочая сила (*labor force*) определяется преимущественно как количество занятых и незанятых в экономике людей [6, с. 267].

Квалификационные аспекты англо- и германоязычными исследователями рассматривают исключительно в прикладном аспекте через понятие компетенций: «Компетентность касается уровня квалификации работников, их профессиональных навыков, необходимости их подготовки и переподготовки и потенциала для исполнения работы более высокого уровня» [7, с.22]. Также используются следующие определения: инновационный потенциал, потенциал для лидерства, потенциал работника, потенциал персонала.

В то же самое время вопросы отслеживания и повышения квалификации во многих странах, вынесенные в область прикладного применения, могут стать источником бесценного опыта для российских исследователей. В первую очередь мы можем говорить о системах внутрифирменного обучения Японии, США, об опыте государственного регулирования данных процессов в Швеции, в Польше, Германии, об использовании модульных технологий [8] и т.д.

В рамках углубленного изучения человеческой способности к труду российские исследователи параллельно с трудовым потенциалом часто рассматривают кадровый потенциал [5] (многие считают данные понятия синонимичными [9]). Тем не менее, рассматривая последний, исследователи уделяют большое внимание должностной структуре и оценивают будущий уровень работоспособности сотрудников в связи с возможными кадровыми переменами, что позволяет кадровому потенциалу развиваться как вполне самостоятельному понятию в области управления персоналом.

Многие российские авторы в структуре трудового потенциала отдельно рассматривают профессионально-квалификационный, социальный [10], мотивационный [11], организационный потенциал отмечая их специфику и необходимость оценки. Часто встречается определение «профессионально-квалификационный потенциал», которые многими авторами идентифицируются с квалификационным. Здесь можно сослаться

на работы 70-х годов, в частности на С.Я. Батышева [11, с.17], который различал эти понятия и определял квалификацию скорее как уровень овладения профессией.

Отметим, что часть исследователей рассматривает как профессионально-квалификационный, так и отдельно квалификационный потенциал через социально-ценностные отношения «как ресурсные возможности, работника в области труда, основанные на общем уровне специального профессионального образования, квалификации, навыка и опыта работы, способности профессионального роста и отношения к труду» [12, с.8]. При таком социологическом подходе основывается при этом квалификационный потенциал на развитии «профессиональных интересов личности, ее адаптационных возможностей» [12, с.16]. По мнению социологов, квалификационный потенциал представляет собой возможности развития работника, двигателем которого является отношение работника к труду, его ценностная ориентация.

Изучение данного вопроса привело исследователей к необходимости сформулировать понятие социального потенциала как «совокупности возможностей коллектива, необходимых для его социальной активности... Социальная активность человека есть процесс раскрытия богатства своих внутренних сил, а социальный потенциал – характеристика самих этих внутренних сил, «рассмотренных в аспекте возможностей их реализации в деятельности и поведении» [13, с. 33].

Таким образом, получается, что квалификационный потенциал отдельных работников аккумулируется в социальном потенциале коллектива.

Нам ближе позиция, сформулированная в экономике труда: «квалификационный потенциал – объем, глубина и разносторонность общих и специальных знаний, трудовых навыков и умений, обуславливающих способность работника к труду определенного содержания и сложности [14, с.131]», при этом «труд определенного содержания и сложности» по сути это изящное определение профессии [15].

Как отмечает Е.А. Маклакова, «по изучению квалификационного потенциала существует пока весьма незначительное количество работ, вероятно из-за сложности его исследования»[18]. В свою очередь мы

хотим восполнить данный пробел и внести вклад в определение квалификационного потенциала трудовых ресурсов. При этом нас привлекает изучение квалификационного потенциала торговых работников как представителей сферы услуг в силу накопленного опыта и статистики.

Такое сужение области нашего исследования, во-первых, будет связано с тем, что нас интересует уровень отдельного предприятия, большинство работников которого уже сделали выбор профессии и даже получили образование в соответствии с ним. Работник с несоответствующей профессией просто не сможет занять рабочее место. Наличие профессии будет являться предпосылкой для возникновения трудовых отношений, значит, выходить за пределы регулирующих возможностей работодателя. А вот квалификационный уровень, показывающий степень овладения профессиональными навыками и определяющий спектр выполняемых работ, предприятие как раз может изменять в соответствии со своими планами развития.

Во-вторых, квалификационный потенциал имеет огромное значение для ситуаций, когда выполняемая работа не требует значительной теоретической подготовки и специализированного образования – работников сферы обслуживания, к которой относится интересующая нас торговля.

В-третьих, в отличие от профессионального потенциала, включающего в себя неизменяемую базовую теоретическую подготовку, квалификационный потенциал, представляющий собой в большей степени совокупность навыков, может быстро устаревать в силу разных причин, как объективного, так и субъективного характера: изменения содержания труда, например, повышение механизации или автоматизации; изменения предмета труда, например, торгового ассортимента, содержания услуг; широкого распространения приемов работы, а значит, снижение эффективности; накопившейся у работника усталости от повторения, шаблонности и монотонности своей работы и, как следствие, отказ от работающей схемы.

Из всего трудового потенциала именно квалификационный потенциал в максимальной степени определяется потребностями предприятия и имеет самые яркие формы проявления: квалифицированный персонал отличается

более высокими показателями эффективности труда. При этом классический подход, при котором высококвалифицированный персонал определяется как получивший высокое формальное образование [12] слегка размывается ситуацией, когда по данной профессии не организовано или не востребовано массовое обучение (причины такой невостребованности мы рассмотрим позже).

Под квалификационным потенциалом мы будем понимать максимально возможный уровень овладения профессией, который возможно реализовать на конкретном предприятии. Наполнение квалификационного потенциала в разных профессиях будет значительно отличаться в силу разного содержания труда.

Проблема определения потенциала работников торговли: квалификационные уровни и предлагаемые подходы

Проблема определения квалификационного потенциала работников торговли схожа с проблемой оценки трудового потенциала – требуется определить уровень еще не проявленной возможности. Поэтому используют косвенные показатели, оцениваются группы факторов, влияющих на результативность работы: знания, опыт, компетенции. Также в вопросах оценки квалификационного потенциала у торговых предприятий появляется еще одна проблема: квалификация должна быть признана и подтверждена: с одной стороны это упрощает работу HR-менеджерами, с другой стороны создает проблему типизированной оценки уровней квалификации.

В ЕТКС 2014 года содержится описание 4 разрядов продавцов продовольственных и непродовольственных товаров, причем профильное образование требуется только для высшего четвертого. Отметим, что единственное учебное заведение, обучавшее в Омске профессии продавца – Омский торгово-экономический колледж им. Г.Д. Зуйковой – последний раз присваивало разряды обучаемым в 2013 году, в 2015 и 2016 годах ОТЭК единственный, кто набирает группы на обучении профессии продавца продовольственных и непродовольственных товаров.

Для прочих профессий сегодня по примеру Европейской рамки квалификаций разрабатывается Национальная рамка

квалификаций [16] – «системное и структурированное по уровням описание официально признаваемых квалификаций, благодаря чему устанавливают взаимосвязь между результатами обучения: индивидуальными достижениями человека, его знаниями, практическими умениями и дипломами, свидетельствами, сертификатами об образовании» [17]. Основные понятия, лежащие в основе рамки квалификаций: обучение, компетентность, квалификация.

Специфика торгового дела состоит в том, что данный вид деятельности относится к сфере услуг, следовательно, в нем реализуются все особенности организации сервисной деятельности:

- содержания услуги постоянно меняется;
- можно отследить удовлетворенность услугой потребителя и скорректировать ситуацию на следующем потребителе, то есть исполнитель может обучаться в процессе работы, так как видит результат;
- ассортимент товаров постоянно меняется, что требует непрерывного обновления знаний работника;
- используемое оборудование постоянно меняется, что также требует непрерывного обновления знаний работника;
- становятся важны личные качества, поскольку они обеспечивают контакт с покупателем;
- становятся важны социальные отношения в коллективе, как это позволяет быстрее обучаться и контролировать друг друга.

Таким образом, торговля, как и, в целом, сфера услуг, предъявляет к своим основным работникам – торгово-оперативному персоналу – в первую очередь требования, касающиеся личных характеристик: адаптивности, готовности обучаться, коммуникабельности, во вторую – опыта и стажа, и только в третью – профессионального образования.

Именно этим и объясняется исчезнувший спрос на обучение профессии продавца. Большинство торговых предприятий, изучаемых нашими дипломниками, при приеме на работу вообще не задают вопросов о наличии профильного образования (50 из 82 предприятий или 61%), организуя собственные курсы (ЗАО «Тендер» сеть магазинов «Магнит»), тренинги и стажировки (ООО «Холидей» сеть магазинов «Сибиряда», «Холди»). В целом по нашим опросам 46 предприятия из 82 (56%)

рассмотренных организуют внутрифирменное обучение, причем среди представителей крупных сетей охват собственными формами обучения работников практически 100%. А вот микропредприятия малого бизнеса с численностью работников меньше 15 человек только в 10% случаев организуют обучение, однако при этом поощряют получение образования, прохождение стажировок и т.д. Также интересно следующее: торговые предприятия не используют предложенную в ЕТКС 4 разрядную схему (вероятнее всего в силу устаревания требований, описанных в ней), но на 70 из 82 предприятий (85%) используется схема определения квалификационных уровней «продавец» и «старший продавец», причем основным

критерием присвоения квалификации «старший продавец» является стаж работы.

Для нашего исследования это означает, что для торгового предприятия важен именно квалификационный потенциал и что средние и крупные предприятия решают данный вопрос своими силами.

Сформулируем факторы, влияющие на формирование квалификационного потенциала торгового предприятия. Е.А. Маклакова предлагает рассмотреть следующие факторы (табл. 1) [18]. Мы в свою очередь предлагаем разделить факторы на внутренние и внешние, отдав приоритет внутренним факторам, контролируемым самим предприятием.

Таблица 1 – Факторы, влияющие на формирование квалификационного потенциала

	Внешние факторы	Внутренние факторы
Предлагаемые Е.А. Маклаковой	профессиональное и дополнительное образование; востребованность профессии на рынке труда; научно-технический прогресс.	физиологический потенциал работника; психологический потенциал работника; выбор профессии; кадровая политика организации.
Предлагаемые нами дополнительно для торгового работника	Контингент покупателей.	Ассортимент; разбивка квалификационных уровней; используемый формат.

Также проблемным нам представляется вопрос оценивания квалификационного потенциала. Мы предлагаем два основных подхода к оценке квалификационного потенциала: по лучшему работнику; способом интерактивных сценарием (деловых игр, тренингов).

Вариант оценки квалификационного потенциала по лучшему работнику хорош тем, что полностью учитывает специфику предприятия, организацию труда на нем, существующую систему стимулирования труда, ассортимент и даже контингент покупателей. Единственное, что не учитывает данный подход – личностные и социальные качества разных работников, однако через корпоративную культуру предприятие может влиять и на то и на другое.

Идеальным способом оценки квалификационного потенциала могут быть тренинги и деловые игры, когда работнику предлагается продемонстрировать свой квалификационный уровень в игровой ситуации, что позволяет смоделировать некие потенциально возможные проблемы и ситуации. Возникновение групповых форм тренинга связывают с именами К. Левина, К. Роджерса, Б. Брандфорта, Л. Липпита (1945

год). В 1947 году в США создается Национальная лаборатория тренинга, появляются так называемые Т-группы (тренинговые группы)» [19, с.23]. На сегодняшний день пройдя через этап «производственных тренингов», игровые методики становятся неотъемлемым элементом формирования персонала практически каждой организации. Наиболее ярко игровые методики позволяют достигать эффективности именно в сфере услуг. В качестве примера приведем отдел технической поддержки ООО «Омский кабельные сети», где в 2015 году на 24 человек в течение года было проведено более 150 тренингов, что позволило сократить количество звонков, оставшихся неотвеченными и соответственно недовольных абонентов почти в два раза. В торговле тренинги можно проводить реже, например, ООО «Евросеть» заявляет о необходимости проведения тренингов у каждого работника не реже раза в полугодие. Тренинги в торговле позволяют поддерживать качество оказываемых услуг и квалификацию сотрудников в соответствии с современными требованиями.

Основные сложности использования такого эффективного инструмента как тренинги заключается в высоких требованиях к организаторам тренингов, создании психологической готовности участников и постоянному изменению содержания программы тренинга. Кроме того тренинги должны быть согласованы с корпоративной культурой и обеспечивать в том числе ее трансляцию. Данные сложности объясняют слабую распространенность тренингов в целом по предприятиям, но хотим отметить, что в торговле тренинги становятся обязательным элементом работы с персоналом и основной составляющей внутрифирменного обучения и повышения квалификационного потенциала работника и предприятия.

Заключение

Подводя итоги, необходимо подчеркнуть актуальность проблематики изучения квалификационного потенциала особенно в процессе формирования инновационной экономики, в которой доминирующим будет третичный сектор экономики (сфера услуг). Процессы, происходящие сейчас в торговой сфере (рост значения квалификационного, а не образовательного потенциала, переход к внутрифирменному обучению, организация тренингов как комплексного способа поддерживать, повышать квалификацию и требуемые личностные и социальные параметры) отражают изменения в процессах формирования трудовых ресурсов, которые получают распространение в будущем в прочих сферах.

Библиографический список

1. Морозова, Е.Н. Экономика труда: учебное пособие / Е.Н. Морозова, С.В. Рачек, Л.В. Пятышина. – Екатеринбург: УрГУПС, 2015. – 343 с.
2. Костаков, В.Г. Интенсификация использования трудового потенциала: / В.Г. Костаков, А. А. Попов // Социалистический труд. – 1982. – № 7. – С. 109.
3. Колосова, Р.П. Трудовой потенциал промышленности: / Р.П. Колосова. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1987. – 160 с.
4. Инновационная экономика: занятость, трудовая мотивация, эффективность труда / Л.С. Чижова, Е. С. Садовая, В. В. Кузьмин и др.; под ред. Л. С. Чижовой; Ин-т макроэкономических исследований. – М.: Экономика. – 2011. – 430 с.
5. Суходоева, Л.Ф. Кадровый потенциал предприятия / Л.Ф. Суходоева // Вестник Нижегородского университета им. Н.И.Лобачевского, сер. Экономика и финансы. – 2007. – № 3. – С. 165-167.
6. Долан, Э. Дж. Economics Экономикс: англо-русский словарь-справочник / Э. Дж. Долан, Б.И. Домненко. – М.: Лазурь, 1994. – 544с.
7. Грэхем, Х.Т. Управление человеческими ресурсами: учеб. пособие для вузов / Х.Т. Грэхем, Р. Беннетт; под ред. Т.Ю. Базарова, Б.Л. Еремина. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 598 с.
8. Мирошин, Д.Г. Применение модульных технологий обучения для формирования творческого потенциала рабочих в условиях учебных центров предприятий: / Д.Г. Мирошин // Право и образование, 2008. – № 6. – С. 52-55.
9. Управление человеческими ресурсами: учеб. пособие / И.И. Исаченко, О.И. Елизарова, Е.А. Кондрусь, И.С. Машинская. – М.: МГУП, 2012. – 173 с.
10. Левченко, Г.Н. Управленческая культура как фактор развития социального потенциала производственного коллектива: на материалах ОАО «КАМАЗ»: дис. ... канд. социолог. наук / Г.Н. Левченко. – Казань, 2003. – 186 с.
11. Батышев, С.Я. Формирование квалифицированных рабочих кадров в СССР. / С.Я. Батышев. – М.: Экономика, 1971. – 212 с.
12. Григорьева, Э.Н. Непрерывное образование как фактор развития профессионально-квалификационного потенциала предприятия на материалах ОАО «Татнефть»: дис. ... канд. социолог. наук / Э.Н. Григорьева – Казань, 2007. – 188 с.
13. Нугаев, М.А. Социальный потенциал региона / М.А. Нугаев, Р.М. Нугаев // Научные труды ИСЭПИ АН РТ. – Казань, 1995. – 190 с.
14. Вайсбурд, В.А. Экономика труда: учебное пособие / В. А. Вайсбурд. – Самара: Изд-во Самар. гос. экон. ун-та., 2007. – С. 131, 264.
15. Капелюшников, Р.И. Спрос и предложение высококвалифицированной рабочей силы в России: кто бежал быстрее?: препринт / Р.И. Капелюшников; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. – 68 с.
16. Национальное Агентство Развития Квалификаций. Российский союз промышленников и предпринимателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nark-rspp.ru>. (дата обращения – 30.06.2016).
17. Кречетников, К.Г. Рамка квалификации и ее значение в управлении человеческими ресурсами организации: / К.Г. Кречетников // Государственное и муниципальное управление в XXI веке: теория, методология, практика. – 2014. – № 11. – С.165-170.
18. Маклакова, Е.А. Квалификационный потенциал: понятие, жизненный цикл и факторы, влияющие на его развитие / Е.А. Маклакова // Вестник ЛГУ им. А. С. Пушкина. – 2011. – № 3. – С.123-129.

19. Юрасова, Ю.В. Обучение торгового персонала – курс тренингов эффективных продаж. / Ю.В. Юрасова. – М.: Дашков и Ко, 2010. – 136 с.

DETERMINATION OF QUALIFICATION POTENTIAL WORKFORCE TRADE ENTERPRISES

A.I. Chumakov I.N. Gorelova

Abstract. In this work you can see the foundation of selection of qualifying capability in the structure of labour and human potential as maximum possible level of mastering of a profession on the exact enterprise. The authors compare sociological and economical ways to the definition of qualifying capability and make a choice in favour of the last. It is important to identify the reduction of the field of the research to the questions of qualifying capability in the sphere of trading as well as to point out the problems of identifying the level of qualification in business and the ways of solving such problems by businessmen. In the study there is some statistics according to the levels of qualification in Omsk trading. The questions of identifying qualifications and qualifying levels in business are also considered and additional factors influencing on the qualifying capability as well as ways of estimate of an employee in trade are offered in this work. The prospects and difficulties of usage of advanced training are also formulated in this study.

Keywords: qualifying capability, qualifying levels, labour resources, workforce.

References

1. Morozova E.N., Rachek S.V., Pjatyshina L.V. *Jekonomika truda* [Labour Economics]. Ekaterinburg: UrGUPS, 2015, 343 p.
2. Kostakov V.G., Popov A.A. Intensifikacija ispol'zovaniya trudovogo potenciala [Intensification of use of labor potential]. *Socialisticheskij trud*, 1982, no 7. pp.109.
3. Kolosova R.P. *Trudovoj potencial promyshlennosti* [Labor potential industry]. Moscow, Izd-vo Moskovskogo un-ta, 1987. 160 p.
4. *Innovacionnaja jekonomika: zanjatost', trudovaja motivacija, jeffektivnost' truda* [Innovation economy: employment, labor motivation, labor efficiency]. L.S. Chizhova, E.S. Sadovaja, V.V. Kuz'min. In-t makrojekonomicheskijh issledovanij. Moscow, Jekonomika. 2011. 430 p.
5. Suhodoeva L.F. Kadrovij potencial predpriyatija [Personnel potential of the enterprise]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo, ser. Jekonomika i finansy*, 2007, no 3. pp. 165-167.
6. Dolan Je. Dzh. *Economics Jekonomiks* [Economics Economics] anglo-russkij slovar'-spravochnik / Je. Dzh. Dolan, B. I. Domnenko. M.: Lazur', 1994. 544 p.
7. Grjehem H.T. *Upravlenie chelovecheskimi resursami* [Human resources management]. Moscow, JuNITI-DANA, 2003. 598 p.

8. Miroshin D.G. Primenenie modul'nyh tehnologij obuchenija dlja formirovaniya tvorcheskogo potenciala rabochih v uslovijah uchebnyh centrov predpriyatij [The use of modular technology training for the formation of creativity centers for enterprises operating in the conditions]. *Pravo i obrazovanie*, 2008, no 6. pp. 52–55.

9. *Upravlenie chelovecheskimi resursami* [Human Resource Management]. I.I. Isachenko, O.I. Elizarova, E. A. Kondrus', I. S. Mashinskaja. Moscow, MGUP, 2012. 173 p.

10. Levchenko G.N. *Upravlencheskaja kul'tura kak faktor razvitija social'nogo potenciala proizvodstvennogo kollektiva: na materialah OAO «KAMAZ»* dis. ... kand. sociolog. nauk [Management culture as a factor of social potential production team: on materials of «KAMAZ»]. Kazan', 2003. 186 p.

11. Batyshev S.Ja. *Formirovanie kvalificirovannyh rabochih kadrov v SSSR* [Formation of skilled workers in the USSR]. Moscow, Jekonomika, 1971. 212 p.

12. Grigor'eva Je.N. *Nepreryvnoe obrazovanie kak faktor razvitija professional'no-kvalifikacionnogo potenciala predpriyatija na materialah OAO «Tatneft'»* dis. ... kand. sociolog. Nauk [Continuing education as a factor in the development of vocational potential of the enterprise on the materials of «Tatneft'»]. Kazan', 2007. 188 p.

13. Nugaev M.A., Nugaev P.M. Social'nyj potencial regiona [The social potential of the region]. *Nauchnye trudy ISJePI AN RT*, Kazan', 1995. 190 p.

14. Vajsburd V.A. *Jekonomika truda* [Labour Economics]. Samara: Izd-vo Samar. gos. jekon. un-ta., 2007. 264 p.

15. Kapeljushnikov R.I. *Spros i predlozhenie vysokokvalificirovannoj rabochej sily v rossii: kto bezhal bystree?* [Demand and supply of highly skilled labor force in Russia: who is running faster?]. Moscow, Izd. dom Vysshej shkoly jekonomiki, 2011. 68 p.

16. The National Agency for Qualifications Development. Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs. Available at: <http://nark-rspp.ru>

17. Krechetnikov K. G. Ramka kvalifikacii i ejo znachenie v upravlenii chelovecheskimi resursami organizacii [Qualifications Framework and its importance in the management of the organization of human resources]. *Gosudarstvennoe i municipal'noe upravlenie v XXI veke: teorija, metodologija, praktika*, 2014, no 11. pp.165-170.

18. Maklakova E.A. Kvalifikacionnyj potencial: ponjatie, zhiznennyj cikl i factory, vlijajushhie na ego razvitie [Qualifying potential: the concept of the life cycle and the factors influencing its development]. *Vestnik LGU im. A. S. Pushkina*, 2011, no 3. pp.123-129.

19. Jurasova Ju.V. Obuchenie torgovogo personala – kurs treningov jeffektivnyh prodazh. [Training of sales personnel – training course of effective sales]. Moscow, Dashkov i Ko, 2010. 136 p.

Чумаков Александр Иванович (Россия, г. Омск) – кандидат экономических наук., доцент кафедры «Экономика и организация труда», Омский государственный технический университет (ОмГТУ) (644050, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail:www287@yandex.ru).

Горелова Ирина Николаевна (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры «Экономика и организация труда», Омский государственный технический университет (ОмГТУ) (644050, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail:gorelovairina@rambler.ru).

Chumakov Aleksandr Ivanovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of economic nauk, Associate Professor of «Economics and organization of work», 644050, Omsk, Mira Ave., 11, e-mail:www287@yandex.ru).

Gorelova Irina Nikolaevna (Russian Federation, Omsk) – senior lecturer in «Economics and Organization of Labor», Omsk state technical university (OmGTU) (644050, Omsk, Mira Ave., 11, e-mail:gorelovairina@rambler.ru).

УДК 625.7

ОСНОВАТЕЛЬ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ДОРОЖНИКОВ В СИБАДИ

М.В. Исаенко, Е.В. Андреева
ФГБОУ ВО «СИБАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. Развитие научной школы дорожников в СибАДИ связано с именем Могилевича В.М. Ученый, педагог, организатор – эти качества помогли ему поднять развитие науки не только на кафедре «Строительство и эксплуатация дорог», но и в целом в ВУЗе. Его дело продолжают его ученики. На факультете «Автомобильные дороги и мосты» продолжает работу школа научных кадров.

Ключевые слова: В.М. Могилевич, школа научных кадров, ученики, руководство кафедрой и ВУЗом.

История развития науки Сибирской автомобильно-дорожной академии неразрывно связана с великими именами наших ученых – профессором Алексеевой Тамары Васильевны, Артемьева Константина Александровича, Толмачева Константина Хрисанфовича, Могилевича Валентина Михайловича.

60-70 годы – это годы развития Вузовской науки. Жизнь ставила сложные вопросы в области дорожного строительства, развивалась промышленность, сельское хозяйство, требовалось расширение транспортной сети Западной Сибири и Тюменского Севера. Необходимы были новые современные решения в области строительства автомобильных дорог, направленные на повышение прочностных характеристик дорожных конструкций, широкое использование местных строительных материалов и развитие новых технологий. В стране ощущалась острая потребность в научных кадрах. Для их подготовки на кафедре «Строительство и эксплуатация дорог» факультета «Автомобильные дороги и мосты» в 1967 году профессором Могилевичем В.М. была основана научная школа «Совершенствование конструкций и технологий строительства дорог в условиях Сибири».

С именем Валентина Михайловича Могилевича связано много различного рода эмоций и воспоминаний. Единодушным является главное мнение – это была выдающаяся Личность.

С 1962 г. и на протяжении 25 лет он возглавлял кафедру «Строительство и эксплуатация дорог». Руководитель нового типа с разносторонними способностями инженера, научного работника, педагога,

организатора, отвечающий новым условиям, новому времени и новым масштабным задачам. При нем кафедра выходит на новый уровень, как педагогической деятельности, так и научной, становится ведущим коллективом в СибАДИ. Создаются материальная, лабораторная базы для обеспечения успешного развития научно-исследовательской и учебно-методической деятельности. Внедряется четкая организационная основа в учебный процесс. Особое внимание уделяется повышению уровня профессиональной подготовки преподавателей. Связь научно-исследовательских работ и учебного процесса становится неразрывной, что обеспечивает высокий уровень подготовки как научных кадров, так и инженеров-дорожников, способствует укреплению авторитета кафедры не только в СибАДИ, но и среди научно-исследовательских и учебных институтов страны.

Из характеристики на заведующего кафедрой «Строительство и эксплуатация дорог» Сибирского автомобильно-дорожного института им. В.В. Куйбышева, профессора, канд. техн. наук Могилевича Валентина Михайловича.

«...1912 года рождения, украинец, член КПСС с 1943 г. Окончил Харьковский автомобильно-дорожный институт в 1941 г. Участник Великой Отечественной войны 1941-1945 гг. Награжден 5 орденами и 13 медалями.

После окончания войны занимал руководящие должности в Особом дорожно-строительном корпусе – от командира батальона до главного инженера корпуса. Под его руководством строились крупнейшие дорожные магистрали Советского Союза: Москва – Ленинград, Москва – Горький,

НАУЧНАЯ ШКОЛА

Ростов – Орджоникидзе, сеть дорог на нефтепромыслах в БашАССР и ТатАССР, ряд дорог на Крайнем Севере. В эти годы товарищ Могилевич В.М. известен как один из активных инициаторов совершенствования технологии и организации дорожного строительства (разработки новых методов строительства сборных покрытий, диспетчерского управления и т.д.).

Делегат Советского Союза на X Международном конгрессе в 1955 г. в г. Стамбуле.

Валентин Михайлович защитил кандидатскую диссертацию в 1957 г. В 1961 г.

ему было присвоено звание доцента, в 1963 г. – звание профессора.

В 1962 г., переводом из МАДИ, Могилевич В.М. был назначен ректором Сибирского автомобильно-дорожного института им. В.В. Куйбышева и одновременно избран по конкурсу заведующим кафедрой «Строительство и эксплуатация дорог» этого же института. В 1967 г. по болезни и собственному желанию освобожден от должности ректора. При сдаче дел получил благодарность Министерства за успешное руководство институтом.



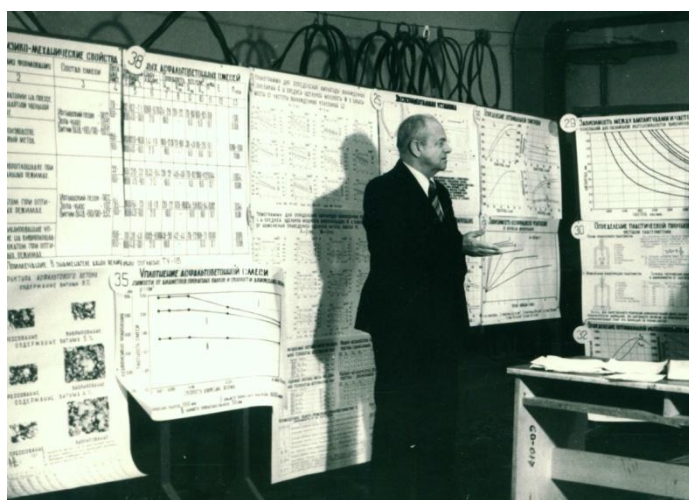
Профессор Могилевич В.М.(в центре) с участниками научно-практического семинара: слева доцент кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» Славуцкий О.А.; зав. кафедрой «Мосты» профессор Толмачев К.Х.; нач. ПТО Омскавтодора Ройзен М.В.; директор БелДОРНИИ Евгеньев И.Е; Айкалова Л.; доцент кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» Малофеев А.Г; декан факультета «Автомобильные дороги и мосты» Никитин В.П.

Как ректор института, Могилевич В.М., внес значительный вклад в развитие института, особенно в расширение его материальной (лабораторной) базы, а также в расширение и углубление научной работы преподавательского коллектива, и усиление подготовки кадров высшей квалификации через аспирантуру института.

С 1967 г. полностью посвятил себя научной и педагогической деятельности на

кафедре «Строительство и эксплуатация дорог».

Работая заведующим кафедрой, профессор В.М. Могилевич показал себя талантливым ученым-организатором, умеющим воспитывать молодых ученых, объединять их в творческий коллектив и нацеливать на решение наиболее актуальных научных проблем».



Профессор Могилевич В.М. с аспирантами и соискателями кафедры «Строительство и эксплуатация дорог»: Бобровой Т.В., Ищенко А.Е., Малышевым А.А.

Из личных воспоминаний профессора В.М. Могилевича:

«В 1962 г. кафедра представляла собой довольно жалкое подразделение Сибирского автомобильно-дорожного института (ради справедливости следует сказать, что и весь институт в целом мало чем отличался от кафедры). Кафедре была выделена половина небольшой комнаты в здании возле драматического театра. Вторую половину комнаты занимали преподаватели другой кафедры. Состав кафедры – шесть преподавателей, из которых только один – заведующий кафедрой Назаренко Афанасий Евтихиевич – имел ученое звание доцента (но не имел ученой степени). Преподавателями были: Ростовцев А.С., Жебрун Г.Е., Старцев Б.А., Мионов М.С., Рассказов Д.С.»

В 1962 г. на кафедре «Строительство и эксплуатация дорог» не было ни одного кандидата наук. Профессор Могилевич В.М. организовал при кафедре аспирантуру и стал комплектовать ее преимущественно выпускниками СибАДИ.

При кафедре был организован научно-исследовательский сектор численностью в 24 человека: старших и младших научных сотрудников, инженеров, лаборантов, из которых отбирались кандидаты для поступления в аспирантуру на конкурсной основе. Сектор включал в себя несколько лабораторий по специализированным направлениям. Работа в научно-исследовательском секторе позволяла оценить способности каждого сотрудника к научной работе. Как правило, тема

диссертационной работы была связана с темой хозяйственной работы, что позволяло на высоком уровне совместно решать научные и практические проблемы. Была создана Отраслевая Научно-исследовательская Лаборатория (ОДИЛ). На базе Омскавтодора работал филиал кафедры.

Весь научный коллектив (около 40 человек преподавателей, аспирантов и работников НИСа и дополнительно 30-40 студентов старших курсов) под руководством профессора В.М. Могилевича плодотворно работал над большой комплексной темой «Совершенствование технологии и организации дорожно-строительных работ в региональных условиях Сибири, Дальнего Востока и Казахстана».

Разработка этой темы осуществлялась одновременно в двух тесно связанных между собой направлениях:

а) использование в дорожных одеждах местных грунтов и малопрочных каменных материалов, укрепленных различными вяжущими;

б) совершенствование технологии и организации дорожно-строительных работ в зимних условиях для обеспечения равномерного использования ресурсов строительных организаций в течение всего года.

Такая направленность научных исследований была особенно актуальна для регионов, характеризующихся длительным холодным периодом года и отсутствием местных высококачественных каменных материалов.

НАУЧНАЯ ШКОЛА



Кафедра «Строительство и эксплуатация дорог», 1970 год

В диссертационных исследованиях, выполняемых под руководством профессора В.М. Могилевича, рассматривались отдельные вопросы актуальной комплексной тематики. Причем, программы всех диссертаций дополняли и углубляли друг друга, охватывая в своей совокупности большие разделы общей проблемы. Соискателями и аспирантами Валентина Михайловича были не только сотрудники кафедры, но и работники ВУЗов других городов Советского Союза. Сотрудники кафедры принимали активное участие научно-практических конференций МАДИ, СоюзДОРНИИ, ГипроДОРНИИ, КАДИ и других организаций. Всего за время работы В.М. Могилевич подготовил 35 кандидатов наук.

В 80-х годах кафедра «Строительство и эксплуатация дорог» систематически занимала первые места в институте среди других кафедр по целому ряду показателей, в том числе по научной работе. Комиссия МВ и ССО РСФСР, производившая комплексную проверку СибАДИ в декабре 1971 г., отметила эту кафедру как лучшую в институте. Сам Валентин Михайлович любил повторять, что кафедра «Строительство и эксплуатация дорог» лучшая, потому, что на ней работают замечательные люди. Кафедра за эти годы стала ему близкой и родной.

Профессор Могилевич В.М. – ветеран труда, участник Великой Отечественной войны, полковник в отставке, кавалер четырех орденов Красной Звезды и ордена Отечественной Войны, Почетный дорожник

СССР, Российской Федерации, Казахстана – оставил пост заведующего кафедрой «Строительство и эксплуатация дорог» в августе 1987 г.

Могилевич Валентин Михайлович опубликовал более 200 научных работ. В том числе написано самостоятельно и в сотрудничестве с другими учеными 12 книг учебного и производственного содержания. Учебники были утверждены министерством для использования во всех вузах СССР соответствующего профиля, и до сих пор пользуются большим спросом.

Многие из его учеников долгое время занимали руководящие должности в нашей академии: Никитин В.П., Рассказов Д.С., Миронов М.С., Боброва Т.В., Сиротюк В.В., Шестаков В.Н., Смирнов А.В. Сейчас многие из них продолжают заниматься активной научной деятельностью.

Валентин Михайлович с работы профессора ушел в возрасте 90 лет по состоянию здоровья, но всегда был на связи и с удовольствием консультировал сотрудников кафедры по всем возникающим вопросам, так как до последних дней сохранял полную ясность ума и высокий уровень профессиональных знаний. Он скучал по работе, продолжал много читать, живо интересовался всем происходящим в академии и на кафедре.

11 августа 2007 года Валентин Михайлович ушел из жизни. Ему было 95 лет.

НАУЧНАЯ ШКОЛА



Валентин Михайлович Могилевич с профессором Смирновым А.В. на торжественном собрании, посвященном 75-летию академии, 2005 год

Научная школа, организованная профессором Могилевичем В.М., успешно продолжает работу по подготовке научных кадров на факультете «Автомобильные дороги

и мосты» под руководством его учеников: профессором Смирнова А.В., Бобровой Т.В., Сиротюка В.В., Шестакова В.Н.



Кафедра «Строительство и эксплуатация дорог», в центре профессор Смирнов А.В.

На его любимой кафедре подготовку научных кадров в рамках научной школы в настоящее время возглавляет профессор Смирнов А.В., выпускник факультета АДМ 1963 года. Под его руководством было

защищено 12 кандидатских и 2 докторские диссертации. К защите готовится третья докторская работа профессором Александровым А.С. (выпускник факультета АДМ 1996 года), который в свою очередь

подготовил двух кандидатов наук. Профессором Смирновым опубликовано более 200 печатных трудов, 10 монографий. Он участник многих международных и российских конференций, посвященных дорожной тематике.

Сотрудники кафедры регулярно публикуют научные и учебные труды.

За прошедшие пять лет 2011 – 2015 гг. коллективом научной школы проф. В.М. Могилевича опубликовано:

- учебников – 1 [1];
- учебных пособий – 5 [2-4];
- монографий – 5 [5-9];

– научных статей в журналах индексируемых в базе *Russian Science, Citation Index* на платформе *Web of Science* – 4;

– научных статей в журналах индексируемых в базе международной базе *Chemical Abstracts* – 3;

– научных статей в журналах и изданиях, водивших на момент опубликования работы, в перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ – 17.

Ежегодно сотрудники выступают с докладами на международных и всероссийских конференциях и конгрессах, проводимых в СибАДИ и др. Вузах РФ. Эстафета развития научной школы продолжается!

Библиографический список

1. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Дорожные покрытия: Учебник / В.П. Подольский, П.И. Поспелов, А.В. Глагольев, А.В. Смирнов; под ред. В. П. Подольского – М.: ИЦ «АКАДЕМИЯ», 2012. – 304 с.

2. Исаенко, М.В. Технология и организация работ по возведению земляного полотна

автомобильных дорог / М.В. Исаенко, Е.В. Андреева. – Омск: СибАДИ, 2015. – 188 с.

3. Александров, А.С. Технология строительства водопропускных труб автомобильных дорог [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.С. Александров, – Т.В. Семенова. – Омск: СибАДИ, 2015. – Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/EPD975.pdf>

4. Александрова, Н.П. Методы определения максимальной плотности грунтов земляного полотна автомобильных дорог [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Н.П. Александрова, Т.В. Семенова, Г.В. Долгих. – Электрон. дан. – Омск: СибАДИ, 2015. – Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/ESD53.pdf>

5. Степанец, В.Г. Производственная база дорожного строительства: учебное пособие / В.Г. Степанец – Омск : СибАДИ, 2014. – 200 с.

6. Папакин, И.Н. Реконструкция автомобильных дорог: учебное пособие / И.Н. Папакин. – Омск: СибАДИ, 2013. – 84 с.

7. Смирнов, А.В. Расчет дорожных конструкций автомагистралей на прочность и выносливость: монография / А.В. Смирнов – Омск, 2012. – 116 с.

8. Александров, А.С. Применение теории наследственной ползучести к расчету деформаций при воздействии повторных нагрузок: монография / А.С. Александров. – Омск, 2014. – 152 с.

9. Андреева, Е.В. Современные методы проектирования дорожных конструкций автомагистралей на воздействие транспортных потоков: Монография / Е.В. Андреева, А.В. Смирнов – Омск, 2014. – 136 с.

10. Александров, А.С. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Часть 1. Состояние вопроса: монография / А.С. Александров. – Омск, 2015. – 292 с.

11. Александров, А.С. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Часть 2. Предложения: монография / А.С. Александров. – Омск, 2015. – 262 с.

**По архивным материалам кафедры
«Строительство и эксплуатация дорог»**

Требования по оформлению рукописей, направляемых в научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ»

Для публикации принимаются рукописи по направлениям: **Транспортное, горное и строительное машиностроение; Транспорт; Строительство и архитектура; Информатика, вычислительная техника и управление; Экономические науки.**

Рукопись должна быть оригинальной, не опубликованной ранее в других печатных изданиях, написана в контексте современной литературы, обладать новизной и соответствовать профилю журнала. Автор отвечает за достоверность сведений, точность цитирования и ссылок на официальные документы и другие источники. Редакция принимает на себя обязательство ограничить круг лиц, имеющих доступ к присланной в редакцию рукописи, сотрудниками редакции, членами редколлегии, а также рецензентами данной работы.

1. Заголовок. На первой странице указываются: индекс по универсальной десятичной классификации (УДК) (размер шрифта 10 пт) – слева в верхнем углу; Далее по центру полужирным шрифтом размером 12 пт прописными буквами печатается название статьи, ниже обычным шрифтом (12 пт.) – инициалы, фамилия автора, место работы и наименование города и страны. **Заглавие авторского материала,** поступающего в редакцию, на русском и английском языках, должно быть адекватным его содержанию и по возможности кратким.

2. Аннотация. Статья должна иметь развернутую аннотацию (не менее 500 символов) на русском и английском языках. Начинается словом «**Аннотация**» с прописной буквы (шрифт полужирный, курсив, 10 пт); точка; затем с прописной буквы текст (курсив, 10 пт). Аннотация не должна содержать ссылки на разделы, формулы, рисунки, номера цитируемой литературы.

3. Ключевые слова размещаются после аннотации, на русском и английском языках (не более 5 семантических единиц).

4. Содержание научной (практической) статьи должны включать:

- **вводную часть**, где автором обосновывается актуальность темы и целесообразность ее разработки, определяются цель и задачи исследования;

- **основную часть статьи**, разделенную на поименованные разделы, где автором на основе анализа и синтеза информации раскрываются процессы и методы исследования проблемы и разработки темы, подробно приводятся результаты проведенного исследования;

- **заключительная часть**, где автором формулируются выводы, даются рекомендации, раскрываются результаты исследования, содержащие научную новизну, указываются возможные направления дальнейших исследований.

По тексту обязательны **ссылки на источники информации** оформляются числами, заключенными в квадратные скобки (например [1]). Библиографические описания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 и тщательно выверяются. Если ссылка на источник информации в тексте статьи повторяется, то повторно в квадратных скобках указывается его номер из списка (без использования в библиографическом списке следующего порядкового номера и ссылки «Там же»). В случае, когда ссылаются на различные материалы из одного источника, в квадратных скобках указывают каждый раз еще и номер страницы, например, [1, с. 17] или [1, с. 28–29].

5. Библиографический список. Печатается по центру ниже основного текста и через строку помещается пронумерованный перечень источников в порядке ссылок по тексту. Желательно, чтобы для статьи объемом в 5-7 страниц количество ссылок в библиографическом списке было не менее 8. Отсутствие необоснованного самоцитирования: доля ссылок на статьи авторов рукописи, изданные ранее, не должно превышать 25% от общего количества ссылок.

6. Библиографический список на латинице (References).

7. Информация об авторах (на русском / английском языке) Места работы всех авторов, их должности и контактная информация (если есть электронные адреса, обязательно указать их).

Правила оформления рукописи:

Объем рукописи должен быть не менее **5 страниц** и не должен превышать **7 страниц, включая таблицы и графический материал.** Рукопись должна содержать не более 5 рисунков и (или) 5 таблиц. Количество авторов не должно превышать четырех. Формат А4, шрифт "Arial" (10 пт), отступ первой строки 0,6 см, межстрочный интервал одинарный. **Поля:** верхнее – 3,5 см, остальные – по 2,5. **Основной текст рукописи** набирается шрифтом 10 пт. Все сокращения при первом употреблении должны быть полностью расшифрованы, за исключением общепринятых терминов и математических величин. Информация о грантах приводится в виде сноски в конце первой страницы статьи. **Формулы** необходимо набирать в редакторе формул **Microsoft Equation**. Перенос формул допускаются на знаках «плюс» и «минус», реже – на знаке «умножение». Эти знаки повторяются в начале и в конце переноса. Формулы следует нумеровать (нумерация сквозная по всей работе арабскими цифрами). Номер формулы заключают в круглые скобки у правого края страницы. **Рисунки, схемы и графики** предоставляются в электронном виде включенными в текст, в стандартных графических форматах с обязательной подрисуночной подписью, и отдельными файлами с расширением (**JPEG, GIF, BMP**). Должны быть пронумерованы (Таблица 1 – Заголовок, Рис. 1. Наименование), озаглавлены (таблицы должны иметь заглавие, выравнивание по левому краю, а иллюстрации – подрисуночные подписи, выравнивание по

центру). В основном тексте должны содержаться лишь ссылки на них: **на рисунке 1....., Рисунки и фотографии** должны быть ясными и четкими, с хорошо проработанными деталями с учетом последующего уменьшения. При представлении цветных рисунков автор должен предварительно проверить их качество при использовании черно-белой печати. **Таблицы** предоставляются в редакторе Word. **Отсканированные версии рисунков, схем, таблиц и формул не допускаются.**

В редакцию необходимо предоставить следующие материалы:

- текст рукописи на русском языке в электронном и бумажном виде. (в редакторе Microsoft Office Word 2003 – шрифт "Arial" (10 пт), отступ первой строки 0,6 см, межстрочный интервал одинарный. с подписью авторов, с фразой: **«статья публикуется впервые» и датой;**

- **регистрационную карту автора:** фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, ученое звание, должность, название организации, служебный адрес, телефон, e-mail;

- **рецензию специалиста с ученой степенью** по тематике рецензируемого материала. Рецензия должна быть заверенная в отделе кадров той организации, в которой работает рецензент;

- **экспертное заключение** о возможности опубликования в открытой печати;

- **лицензионной договор** между ФГБОУ ВО «СибАДИ» и авторами;

- **справку о статусе** / месте учебы (если автор является аспирантом).

Решение о принятии к публикации или отклонении рукописи принимается редколлегией.

Редакция направляет авторам статьи, требующих доработки, письмо с текстом замечаний. Доработанная статья должна быть представлена в редакцию не позднее **двух недель**. К доработанной статье должно быть приложено письмо от авторов, содержащее ответы на все замечания и указывающее все изменения, сделанные в статье.

К публикации в одном номере издания принимается не более одной статьи одного автора.

Редакция сохраняет за собой право производить литературную редакцию и коррекцию материалов в соответствии с требованиями современного русского языка и стилем издания без согласования с автором (-ами). При необходимости более серьезных исправлений правка согласовывается с автором (-ами) или статья направляется автору (-ам) на доработку.

Название файлов должно быть следующим: «Статья_Иванова_АП», «Рисунки_Иванова_АП», «РК_Иванова_АП», «РФ_ст_Иванова_АП»

Статьи, направляемые в редакцию, без соблюдения выше перечисленных требований, не публикуются.

Контактная информация:

e-mail: Vestnik_Sibadi@sibadi.org;

Почтовый адрес редакции: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5. ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Редакция научного рецензируемого журнала

«Вестник СибАДИ»,

патентно-информационный отдел – каб. 3226.

Тел. (3812) 65-23-45,

Выпускающий редактор «Вестника СибАДИ» – Мороз Марина Сергеевна

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>