



СИБАДИ®

ВЕСТНИК

СИБАДИ

**В НАУЧНОМ РЕЦЕНЗИРУЕМОМ ЖУРНАЛЕ
«ВЕСТНИК СИБАДИ» ПУБЛИКУЮТСЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПО НАУЧНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ:**

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

ТРАНСПОРТ

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

**ПРИОРИТЕТ ПРИ ОТБОРЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ В ЖУРНАЛЕ
ОТДАЁТСЯ НАУЧНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ, РЕЗУЛЬТАТЫ КОТОРЫХ ПРИМЕНИМЫ
В УСЛОВИЯХ СИБИРИ И КРАЙНЕГО СЕВЕРА**



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный
университет (СибАДИ)»

ВЕСТНИК СИБАДИ

Выпуск 3 (55)

Омск - 2017

Главный редактор **Жигadlo А.П.**, д-р пед. наук, канд. техн. наук, доц., ректор ФГБОУ ВО «СибАДИ»
Зам. главного редактора **Корчагин П.А.**, д-р техн. наук, проф., проректор по научной работе 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., БУ ВО «СурГУ ХМАО-ЮГРЫ», Россия, г. Сургут.

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., Казахстан, г. Астана.

Карл – Хейнц Ленц, д-р техн. наук, Германия, г. Бергиш-Гладбах.

Карпов В.В., д-р экон. наук, проф., председатель ОНЦ СО РАН, Россия, г. Омск.

Лим Донг Ох, доктор инженерных наук, профессор, президент университета Джунбу, Южная Корея, г. Сеул.

Лис Виктор, канд. техн. наук, инженер-конструктор специальных кранов фирмы Либхерр-верк Биберах ГмбХ, Mittelbiberach, Германия.

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

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

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, Россия, г. Новосибирск.

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

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

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

Эдвин Козневски, д-р техн. наук, проф., Польша, г. Белосток.

Editor-in-Chief Zhigadlo A.P., doctor of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, associate professor, rector of The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI)

Deputy editor-in-chief Korchagin P.A., doctor of technical 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.

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 Economics, professor, the chairman of the Omsk scientific center of The Russian Academy of Sciences' Siberian branch, Omsk.

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), Liebherr-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 Belarussian 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. 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- 67314 от 30 сентября 2016 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 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.

Подписано в печать 22.06.2017 г. Дата выхода в свет 24.06.2017. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Arial

Печать оперативная. Бумага офсетная. Усл. печ. л. _____. Тираж 500 экз. Заказ ____

Отпечатано в типографии ИПК ФГБОУ ВО «СибАДИ» 644080, г. Омск, пр. Мира, 5

Статьи воспроизведены в аутентичной редакции.

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2017

РАЗДЕЛ I. ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

<i>И.С. Бычков</i> ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА, ОБОРУДОВАННОГО ГРУНТОВЫМИ ЯКОРЯМИ.....	7
<i>Н.С. Галдин, И.А. Семенова</i> ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОПНЕВМОУДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ РАЗРУШЕНИИ МЕРЗЛЫХ И СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ ГОРНЫМИ И СТРОИТЕЛЬНЫМИ МАШИНАМИ	12
<i>Ж.Т.Гапарова, Ж.Ж.Турдумбаев</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО БАРАБАНА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ КАМЕНИСТЫХ ШЕРОХОВАТОСТЕЙ НА ЛЕДЯНОМ ПОКРЫТИИ ДОРОГИ	16
<i>В.П. Гилета, И.В. Тищенко, Ю.В. Ванаг</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ПРОХОДКИ СКВАЖИН В ГРУНТЕ.....	21
<i>И.А. Лагерев, А.В. Лагерев</i> МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ КРАНО-МАНИПУЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК МОБИЛЬНЫХ МАШИН	32

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

<i>Е.Е. Витвицкий, Е.С. Федосеенкова</i> ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СОВОКУПНОСТИ МИКРОСИСТЕМ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ	41
<i>В.В. Елистратов, А.В. Агошков, Е.В. Евдокимов, В.В. Макаренко</i> ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОДБОРУ РЕЖИМОВ ШЛИФОВАНИЯ ВОССТАНОВЛЕННЫХ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ.....	48
<i>А.С. Кашталинский, П.Н. Малюгин, В.В. Петров</i> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОПРОГРАММНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ИЗОЛИРОВАННЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ.....	53
<i>Д.Н. Коротаев, Е.В. Иванова</i> ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ МОДИФИЦИРОВАНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	62
<i>В.А. Корчагин, В.И. Игнатенко, Д.К. Сысоев</i> ПРИМЕНЕНИЕ НЕГАУССОВСКИХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ	68
<i>В.Ю. Костюк, Е.Ю. Липатов</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ПЛАВНОСТЬ ХОДА ПРИЦЕПА БОЛЬШОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ С ТАНДЕМНЫМИ ОСЯМИ	74
<i>Е.Ю. Кузнецова, А.А. Акулова, Г.А. Маркин, Е.О. Юферова</i> РАЗМЕЩЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ УТИЛИЗАЦИИ АВТОТРАНСПОРТА В УРАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ	81
<i>М.Ю. Манзин, А.А. Заикин, С.В. Рослов, В.В. Иванов</i> К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОГО ПУСКА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР	88
<i>В.Е. Овсянников, В.И. Васильев</i> ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....	94
<i>Н.Г. Певнеев, В.В. Пономарчук</i> ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДОСодержащей ДОБАВКИ К ОСНОВНОМУ МОТОРНОМУ ТОПЛИВУ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	99
<i>И.Ю. Шевченко, С.С. Поярков, С.С. Зиновьев</i> ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ПОДВИЖНЫХ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ	105

СОДЕРЖАНИЕ

Е.В. Шендалева

ОТЛАДКА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ	111
---	-----

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

С.Д. Игнатов, Н.С. Шерстнев

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДОРОЖНОЙ ФРЕЗЫ ПРИ РАЗРУШЕНИИ АСФАЛЬТОБЕТОНА	120
--	-----

А.А. Лыткин

ВЛИЯНИЕ ПОВТОРНОГО УПЛОТНЕНИЯ И ТРАНСПОРТНЫХ НАГРУЗОК НА ХАРАКТЕР ТВЕРДЕНИЯ БЕЛИТОВОГО ШЛАМА В СЛОЯХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД	125
--	-----

М.В. Максимова, С.О. Мельникова

ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА	132
--	-----

О.Ю. Марахина, Д.А. Кузьмин

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОПИЛЬНЫХ ФЕРМ ИЗ ПАРНЫХ УГОЛКОВ	138
--	-----

М.В. Мосин

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРЕХОСНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЖАТОЙ БЕТОННОЙ ПРИЗМЫ УСИЛЕННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОБОЙМОЙ	144
--	-----

РАЗДЕЛ IV.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

З.В. Семенова, С.А. Любич, А.Г. Кузнецов, П.А. Мальцев

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОВЕРКИ ПРАВИЛЬНОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ SQL-ЗАПРОСОВ	152
---	-----

Е.С. Марченко, О.С. Сафин, Л.И. Остринская

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕРНЕТ-ПРОЕКТОВ ПО ПРОДАЖЕ И ПРОДВИЖЕНИЮ НА РЫНОК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	160
---	-----

РАЗДЕЛ V. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

О.М. Куликова, И.Е. Рыбальченко

СФЕРА ИННОВАЦИОННЫХ УСЛУГ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ДРУГИЕ СФЕРЫ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	169
---	-----

Р.С. Симак, Д.И. Васильев

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В РАЗВИТИИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	175
---	-----

Б. Г. Хаиров

РАЗВИТИЕ МЕХАНИЗМА ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В ИННОВАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КЛАСТЕРАХ	182
--	-----

Т.В. Чибикова, К.В. Крумина

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЫНКА НЕДВИЖИМОСТИ В СРАВНЕНИИ С ЕГО ВЫСОКООРГАНИЗОВАННОЙ ФОРМОЙ	189
---	-----

PART I. TRANSPORT, MINING AND MECHANICAL ENGINEERING

I.S. Bychkov
EVALUATION OF THE STABILITY OF A CRANE EQUIPPED WITH GROUND ANCHORS 11

N.S. Galdin, I.A. Semenova
METHODS OF INVESTIGATION AND SIMULATION OF HYDROPNEUMEROUS MECHANISMS APPLIED IN THE DESTRUCTION OF FROZEN AND SCALING SOILS BY MINING AND CONSTRUCTION MACHINES 15

Zh.T.Gaparova, J.J.Turgumbaev
DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF ROCKY ROUGHNESS FORMATION DEVICE'S ON AN ICE-COVERED ROAD 20

V.P. Gileta, I.V. Tishchenko, Yu.V. Vanag
INCREASE IN EFFICIENCY OF THE CYCLIC DRIVING OF WELLS IN SOIL 29

I.A. Lagerev, A.V. Lagerev
MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION OF THE MAIN DESIGN PARAMETERS OF THE HYDRAULIC CRANE-MANIPULATOR INSTALLATIONS OF MOBILE MACHINES 39

PART II. TRANSPORT

E.E. Vitvitskiy, E.S. Fedoseenkova
INFLUENCE OF LOADING AND UN LOADING TIME ON FUNCTIONING COMPLEX OF MICROSYSTEMS IN TRANSIT FREIGHTS PUBLIC MOTOR TRANSPORT 46

V.V. Elistratov, A.V. Agoshkov, E.V. Evdokymov, V.V. Makarenko
THE RATIONALE FOR THE DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS ON THE SELECTION OF MODES OF GRINDING OF THE RESTORED CRANKSHAFTS 51

A.S. Kashtalinsky, P.N. Maluygin, V.V. Petrov
METHOD OF DETERMINING OPTIMAL MULTIPROGRAM CONTROL PARAMETERS ON ISOLATED INTERSECTIONS 61

D.N. Korotaev, E.V. Ivanova
FEATURES OF FORMATION OF FUNCTIONAL COVERINGS AT ELECTROSPARK MODIFYING OF METAL MATERIALS 67

V.A. Korchagin, V.I. Ignatenko, D.K. Sysoev
APPLICATION OF NONGAUSSIAN STATISTICAL MODELS IN THE PROBLEMS OF TECHNICAL OPERATION OF VEHICLES 73

V. Kostuk, E. Lipatov
EVALUATION OF THE EFFECT OF OPERATIONAL FACTORS ON THE SMOOTHNESS OF THE TRAILER HEAVY-DUTY TANDEM AXLES 80

E.Yu. Kuznetsova, A.A. Akulova, G.A. Markin, E.O. Yuferova
POSITION OF VEHICLE RECYCLING ENTERPRISES IN URAL REGION 87

M.Y. Manzin, A.A. Zaikin, S.V. Roslov, V.V. Ivanov
TO A QUESTION OF ENSURING RELIABLE LAUNCH OF DIESEL ENGINES IN THE CONDITIONS OF LOW TEMPERATURES 93

V.E. Ovsyannikov, V.I. Vasilyev
ASSESSMENT OF PARAMETERS OF ALGORITHMS OF DIAGNOSING OF SYSTEMS OF CARS IN THE CONDITIONS OF HIGH DEGREE OF UNCERTAINTY OF BASIC DATA 98

N. Pevnev; V. Ponamarchuk
INFLUENCE OF HYDROGEN ADDITIVE TO FUEL, ON ECOLOGICAL INDICATORS AUTOMOBILE ICE 104

I.Yu. Shevchenko, S.S. Poyarkov, S.S. Zinov'ev
ISSUE OF SIMULATOR CHOICE FOR MOBILE FACILITIES OF MILITARY VEHICLES MAINTENANCE AND ITS SOLUTION 109

E.V. Shendaleva
THE REGULATION OF GAS TURBINE ENGINE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM IN TIME OF TRIALS FOR TECHNOLOGIC STATE FORECASTING 118

CONTENTS

PART III. CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

<i>S.D. Ignatov, N.S. Sherstnev</i> ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODELS WORKING PROCESS MILLS ROAD WITH DESTRUCTION ASPHALT CONCRETE	124
<i>A.A. Lytkin</i> INFLUENCE OF REPEATED COMPACTION AND TRANSPORT LOADS ON THE CHARACTER OF HARDENING OF BELITIC SLUDGE IN LAYERS OF ROAD CLOTHES	131
<i>M.V. Maksimova, S.O. Melnikova</i> SPACE-PLANNING DECISIONS OF LOW-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS IN HOT CLIMATES.....	137
<i>O.Yu. Marakhina, D.A. Kuzmin</i> SOME FEATURES OF DESIGNING TRUSSED RAFTER OF DOUBLE ANGLES	143
<i>M.V. Mosin</i> RESULTS OF COMPUTER SIMULATION TRIAXIAL STATE OF STRESS PRISM COMPRESSED CONCRETE REINFORCED WITH METAL CLIP	151

PART IV. COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

<i>Z.v. Semenova, S.a. IYubich, a.g. Kuznetsov, p.a. Mal'tsev</i> COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF MEANS OF AUTOMATED CHECK OF THE CORRECTNESS OF WRITING OF SQL REQUESTS	159
<i>E.S. Marchenko, O.S. Safin, L.I. Ostrinskaya</i> DESIGN FEATURES OF INTERNET PROJECTS FOR SALES AND PROMOTION ON BUILDING MATERIALS MARKET	167

PART V. ECONOMICS

<i>O.M. Kulikova, I.E. Rybalchenko</i> SPHERE OF INNOVATIVE SERVICES AND ITS IMPACT ON OTHER SPHERES INNOVATIVE ECONOMIC ACTIVITIES IN THE RUSSIAN FEDERATION.....	173
<i>R.S. Simak, D.I. Vasiliev</i> ADVANTAGES AND SHORTCOMINGS OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP OF DEVELOPMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE.....	180
<i>B. G. Khairov</i> DEVELOPMENT OF IMPORT SUBSTITUTION MECHANISM IN INNOVATIVE TERRITORIAL CLUSTERS.....	188
<i>T. V. Chibikova, K.V. Krumina</i> CHARACTERISTIC FEATURES OF THE REAL ESTATE MARKET IN COMPARISON WITH ITS HIGH-ORGANIZED FORM.....	195

РАЗДЕЛ I. ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 624.04

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА, ОБОРУДОВАННОГО ГРУНТОВЫМИ ЯКОРЯМИ

И.С. Бычков
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Аннотация. Строительные грузоподъемные краны подвергаются множеству различных внешних факторов, которые влияют на стабильность и безопасность работы. Современные решения не обеспечивают достаточную устойчивость и безопасность работы. Для устранения угрозы со стороны различных факторов предложены новые опорные элементы. Для оценки влияния грунтовых якорей на устойчивость грузоподъемного крана, проведен теоретический эксперимент, с различными допущениями. Определен коэффициент грузовой устойчивости с грунтовыми якорями и сравнен с коэффициентом грузовой устойчивости со стандартными аутригерами.

Ключевые слова: грунтовый якорь, устойчивость, кран, аутригер.

ВВЕДЕНИЕ

Грузоподъемный кран во время проведения строительных работ является объектом повышенной опасности, очень многие внешние факторы влияют на стабильность. Так же при работе вблизи линий электропередач возникает опасность поражения людей электрическим током [1].

Динамическая нагруженность является определяющим фактором при работе грузоподъемного крана. Перегрузка крана ведет к потере устойчивости и опрокидыванию. Это связано с недостаточностью соблюдения соответствия силовых параметров подъемных механизмов с весовыми параметрами поднимаемого груза, а также проваливание грунта в местах опор [2].

На сегодняшний день основное решение устойчивости, это увеличение опорной площади грузоподъемного крана за счет выдвижных опор, что является не самым эффективным решением. Заземление же решается в виде погруженных в грунт электродов, жестко связанных с базовым шасси машины. Все извест-

ные устройства обладают следующими недостатками: для своего размещения они требуют значительных земельных площадей, при их сооружении выполняются большие объемы земляных работ, монтаж производится вручную, большие трудности возникают при их демонтаже. Перечисленные недостатки затрудняют их применение для временного заземления мобильной грузоподъемной машины.

Для решения проблем предложены грунтовые якоря (рисунок 1) [3].

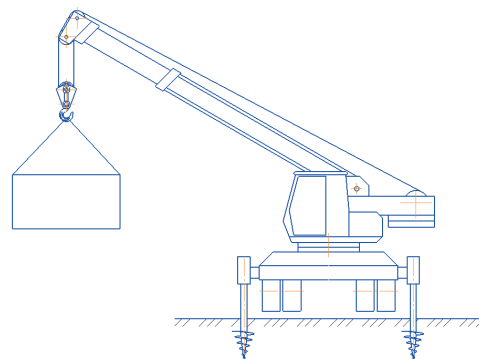


Рис. 1. Автокран с грунтовыми якорями, вид сзади

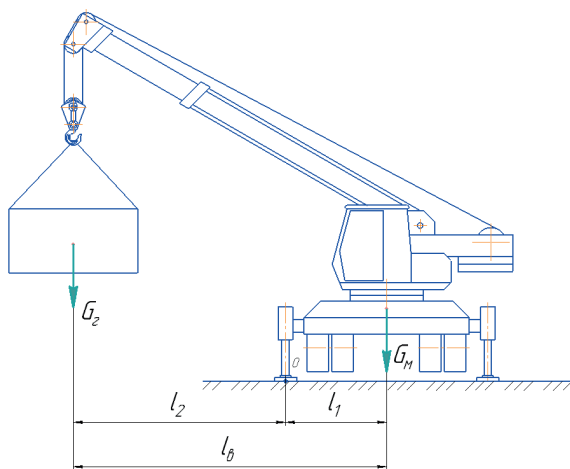


Рис. 2. Автокран с аутригерами

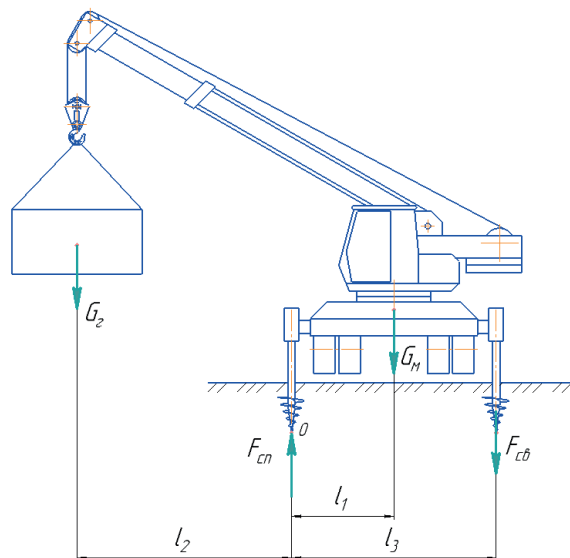


Рис. 3. Схема сил с грунтовыми якорями

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ

Для оценки устойчивости крана с грунтовыми якорями рассмотрен случай без учета дополнительных нагрузок и уклона поверхности, тогда коэффициент грузовой устойчивости должен быть $\geq 1,15$ [4]:

$$K = \frac{M_{уд}}{M_0} \geq 1,15, \quad (1)$$

где $M_{уд}$ – удерживающий момент относитель-

но ребра опрокидывания; M_0 – опрокидывающие моменты относительно ребра опрокидывания.

Оценка устойчивости проведена на примере автомобильного крана КС-35715 [5]

Для оценки устойчивости крана принято: - вылет стрелы 6 м., масса груза 6 т [4]. Тогда, с учетом схемы сил (рис.2), по формуле 1 получим

$$K_{аут} = \frac{G_M \cdot l_1}{G_r \cdot l_2}, \quad (2)$$

Таблица 1
ЗНАЧЕНИЯ УДЕЛЬНОГО СЦЕПЛЕНИЯ c_1
И УГЛА ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ φ ДЛЯ ГРУНТОВ [8]

Наименование грунтов	Показатель текучести	Обозначения характеристик грунтов	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e , равном						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	$0 < I_L < 0,25$	c_1	21	17	15	13	-	-	-
		φ	30	29	27	24	-	-	-
	$0,25 < I_L < 0,75$	c_1	19	15	13	11	9	-	-
		φ	28	26	24	21	18	-	-
Суглинки	$0 < I_L < 0,25$	c_1	47	37	31	25	22	19	-
		φ	26	25	24	23	22	20	-
	$0,25 < I_L < 0,5$	c_1	39	34	28	23	18	15	-
		φ	24	23	22	21	19	17	-
	$0 < I_L < 0,25$	c_1	-	-	25	20	16	14	12
		φ	-	-	19	18	16	14	12
	$0,25 < I_L < 0,5$	c_1	-	81	68	54	47	41	36
		φ	-	21	20	19	18	16	14
Глины	$0,25 < I_L < 0,5$	c_1	-	-	57	50	43	37	32
		φ	-	-	18	17	16	14	11
	$0,5 < I_L < 0,75$	c_1	-	-	45	41	36	33	29
		φ	-	-	15	14	12	10	7

РАЗДЕЛ I.

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

Таблица 2
ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УСТОЙЧИВОСТИ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ ГРУНТА

Тип грунта	Предел текучести	Коэффициент пористости	Сила выдергивания, кН	Коэффициент устойчивости с грунтовыми якорями	Коэффициент устойчивости с аутригерами
Твердые супеси	0,2	0,45	68,825	3,832	1,42
		0,55	57,262	3,427	
		0,65	43,999	2,963	
		0,75	31,216	2,516	
	0,4	0,45	47,301	3,079	
		0,55	34,275	2,623	
		0,65	26,116	2,337	
		0,75	19,151	2,093	
		0,85	14,625	1,935	
	0,6	0,45	45,115	3,002	
		0,55	32,089	2,546	
		0,65	23,930	2,261	
		0,75	16,965	2,017	
		0,85	12,440	1,858	
		0,75	15,570	1,968	
Твердые суглинки	0,2	0,45	62,745	3,619	1,42
		0,55	50,218	3,181	
		0,65	41,366	2,871	
		0,75	35,117	2,652	
		0,85	30,885	2,504	
		0,95	25,512	2,316	
Мягко-пластичные суглинки	0,4	0,45	40,877	2,854	
		0,55	34,772	2,640	
		0,65	28,667	2,426	
		0,75	24,222	2,271	
		0,85	18,725	2,078	
		0,95	15,878	1,979	
Текуче-пластичные суглинки	0,6	0,65	16,309	1,994	
		0,75	13,617	1,900	
		0,85	11,334	1,820	
		0,95	9,451	1,754	
Твердые глины	0,2	0,55	54,856	3,343	1,42
		0,65	44,737	2,989	
		0,75	36,839	2,713	
		0,85	32,102	2,547	
		0,95	28,200	2,410	
		1,05	24,154	2,268	
Мягко-пластичные глины	0,4	0,65	30,235	2,481	
		0,75	27,045	2,370	
		0,85	23,701	2,253	
		0,95	19,313	2,099	
Текуче-пластичные глины	0,6	0,65	17,085	2,021	
		0,75	15,570	1,968	

где G_m – сила тяжести автокрана, G_r – сила тяжести груза, l_1 – расстояние от центра машины до аутригера, l_2 – расстояние от груза до аутригера.

Исходя из геометрических и технологических параметров автокрана: сила тяжести автокрана будет равна 161,21 кН; сила тяжести груза - 58,8 кН; расстояние от центра машины до аутригера – 2,05 м; расстояние от груза до аутригера – 3,95 м.

Тогда

$$K_{\text{аут}} = 1,42.$$

При расчете устойчивости автокрана с грунтовыми якорями принято, что они установлены на автокран в тех же местах, что и аутригеры. Расчетная схема автокрана с грунтовыми якорями представлена на рис. 3.

Силы на вдавливание и выдергивание грунтовых якорей рассчитывались по формуле [6]

$$F_{\text{с,св}} = \gamma_c [(a_1 \cdot c_1 + a_2 \cdot \gamma_1 \cdot h_1)A + u \cdot f_i (h - D)], \quad (3)$$

где γ_c – коэффициент условий работы якоря, зависящий от вида нагрузки, действующей на якорь, и грунтовых условий [6]; a_1, a_2 – безразмерные коэффициенты; c_1 – расчетное значение удельного сцепления грунта в рабочей зоне, кПа [8]; γ_1 – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше лопасти якоря (при водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды), кН/м³ [7]; h_1 – глубина залегания лопасти якоря от природного рельефа, а при планировке территории срезкой – от уровня планировки, м; A – проекция площади лопасти [6], м²; u – периметр поперечного сечения ствола якоря, м; f_i – расчетное сопротивление грунта на боковой поверхности ствола грунтового якоря, кПа [6]; h – высота от верхней лопасти якоря до уровня грунта, м; D – диаметр лопасти якоря, м.

Коэффициенты, указанные в формуле 3, зависят от показателя текучести, угла внутреннего трения и типа грунта [7]. Влияния коэффициента пористости, типа грунта и предела текучести на характеристики грунтов приведены в таблице 1.

Исходя из взаимосвязей различных параметров грунта, основные параметры, принятые для расчета, это: тип грунта, показатель грунта и коэффициент пористости.

Проекция площади лопасти при расчёте на выдергивание, определяется по формуле [6]

$$A = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 - \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2, \quad (4)$$

где d – диаметра ствола якоря, м.

При расчёте на вдавливание, определяется по формуле [5]

$$A = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2. \quad (5)$$

Принято допущение: силы на вдавливание аутригера и грунтового якоря равны.

Для расчёта приняты следующие параметры грунтового якоря: диаметр лопасти якоря – 0,25 м; диаметр ствола якоря – 0,065 м; длина ствола якоря – 2 м.

Тогда с учетом допущений и схемы силы (рис.3) коэффициент устойчивости с грунтовыми якорями будет определяться по формуле

$$K_{\text{гя}} = \frac{G_m \cdot l_1 + 2F_{\text{св}} \cdot l_3}{G_r \cdot l_2}, \quad (6)$$

где l_3 – расстояние между грунтовыми якорями, $l_3=4,065$.

Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование грунтовых якорей при работе грузоподъемных кранов существенно повышают их устойчивость, кроме того грунтовые якоря могут служить естественным заземлением крана при работе в аварийных условиях или вблизи линий электропередач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Применение манипуляторов в строительстве [Текст] / Н. А. Гуровская // Межвузовский сборник трудов студентов, аспирантов и молодых ученых. -Омск: СибАДИ, 2004. – Вып. 2. Ч. 1 Общие и комплексные проблемы технических и прикладных наук. – с. 84-90.
2. Гоголь М. И., Турышева Е. С., Игнатъев Г. В. Повышение уровня надежности срабатывания ограничителя грузоподъемности // Молодой ученый. - 2017. - №2. - с. 91-94.
3. Система заземления и повышения устойчивости мобильной грузоподъемной машины с винтовыми опорами [Текст] / В. С. Щербаков, М. С. Корытов, Н. А. Камуз // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. - 2010. - Вып. 2 (16). - с. 5-8.
4. Правила устройства и безопасной экс-

плуатации подъемников (вышек) [Текст]: ПБ 10-611-03* - Введ. 11.06.2003 – М.: ПИО ОБТ, 2003. - 39 с.

5. Кран стреловой автомобильный КС-35715 [Текст]: КС-35715.00.000 РЭ – Иваново: ОАО «Автокран» - 274 с.

6. Нормы проектирования фундаментов из винтовых свай [Текст]: СТО 56947007-

29.120.95-050-2010. – Введ. 18.06.2010 – М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2010 - № 429, - с. 33.

7. Основные здания и сооружения [Текст]: СНиП 2.02.01-83* - Введ. 09.12.1985 - М.: ФГУП ЦПП, 2006. - 46 с.

8. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация [Текст]. – Введ. 01.01.2013 – М.: СТИ, 2013 – 42 с.

EVALUATION OF THE STABILITY OF A CRANE EQUIPPED WITH GROUND ANCHORS

I.S. Bychkov

Annotation. *Construction cranes are subject to a variety of external factors that affect stability and safety. Modern solutions do not provide sufficient stability and safety. To eliminate the threat from various factors, new support elements have been proposed. To assess the effect of soil anchors on the stability of a crane, a theoretical experiment was conducted, with various assumptions. The coefficient of cargo stability with ground anchors is determined and compared with the load stability factor with standard outriggers.*

Key words: *ground anchor, stability, crane, outrigger.*

REFERENCES

1. Gurovskaya N. A Primenenie manipulyatorov v stroitel'stve [Application of manipulators in construction]. Sbornik trudov SibADI «Obshchie i kompleksnye problemy tekhnicheskikh i prikladnyh nauk» [Proc. Of the SibADI «General and complex problems of technical and applied sciences»], 2004, no. 2, pp. 84-90.

2. Gogol M.I., Turyшева E.S., Ignatyev G.V. Povyshenie urovnya nadezhnosti srabatyvaniya ogranichatelya gruzopod"emnosti [Increase of the reliability level of the tripping of the load limiter]. Young scientist. 2017.no 2. Pp. 91-94.

3. Shcherbakov V.S., Korytov M.S., Kamuz N.A. Sistema zazemleniya i povysheniya ustojchivosti mobil'noj gruzopod"emnoj mashiny s vinto-vymi oporami [System of grounding and increasing the stability of a mobile load-lifting machine with screw supports]. Vestnik SibADI, 2010, no. 16, pp 5-8.

4. Pravila ustrojstva i bezopasnoj ehkspluatatsii pod"emnikov (vyshek) [Rules for the installation and safe operation of lifts (towers)]. ПБ 10-611-03, 2003. 39 p.

5. Kran strelovoj avtomobil'nyj KS-35715 [Crane boom car KS-35715]. KS-35715.00.000 RE. 274 p.

6. Normy proektirovaniya fundamentov iz vintovyh svaj [Norms for the design of foundations of screw piles]. СТО 56947007-29.120.95-050-2010. p.33

7. Osnovnye zdaniya i sooruzheniya [Main buildings and structures]. SNiP 2.02.01-83* 46 p.

8. Grunty. Klassifikaciya [Soils. Classification] GOST 25100-2011. 42 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Бычков Илья Сергеевич (Россия, г. Омск) – аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов и Электротехника» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080 г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: dairdray@gmail.com).

Ilya Bychkov (Russia, Omsk) - graduate student of "Automation of production processes and Electrical Engineering" VPO "SibADI" (644080, Omsk, Mira, 5 e-mail: unique007@yandex.ru.).

.....

УДК 621.22.011: 622.271.7

ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОПНЕВМОУДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ РАЗРУШЕНИИ МЕРЗЛЫХ И СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ ГОРНЫМИ И СТРОИТЕЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

*Н.С. Галдин, И.А. Семенова
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия*

Аннотация. В статье приведены сведения по выявлению основных направлений в исследовании и проектировании гидропневмоударных механизмов, применяемых при разрушении прочных и скальных грунтов горными и строительными машинами. Предложены программы и алгоритм для расчета и моделирования основных параметров гидроударников, а также приведены зависимости параметров гидроударных устройств, применяемых в качестве рабочих органов дорожно-строительных машин, в зависимости от параметров разрабатываемого грунта и параметров базовой машины, построенные в программе Maple.

Ключевые слова: гидропневмоударный механизм, грунт, прочный, мерзлый, скальный, базовая машина, моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, добыча полезных ископаемых, а также строительство соответствующей для этого инфраструктуры в Сибири, на Дальнем Востоке, в Арктике является приоритетной задачей для экономики России. Для более эффективной добычи и строительства в данных природных зонах необходимо использование современных методов, которые учитывают достижения современной науки в данной области, а также в области компьютерных технологий, которые позволяют не только моделировать различные динамические процессы, но и создавать автоматизированные системы управления и проектирования.

РАЗРАБОТКА (РАЗРУШЕНИЕ) МЕРЗЛЫХ И СКАЛЬНЫХ (ГОРНЫХ) ПОРОД ГИДРОУДАРНЫМИ И ПНЕВМОУДАРНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ

В настоящее время, разработка (разрушение) мерзлых и скальных (горных) пород гидроударными и пневмоударными механизмами может производиться как открытым (с помощью экскаваторов с навесным оборудованием), так и закрытым способом (например, при помощи проходческих комбайнов с пневмомолотами).

Данные методы разрушения основываются на применении гидропневмоударных механизмов для горных и строительных машин, основными элементами которых являются: источник

питания (насос), напорная и сливная гидрوليнии с сетевым гидропневоаккумулятором, исполнительный механизм, включающий корпус и подвижные массы (поршень-боек) с рабочими камерами, орган управления [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Разработка мерзлых и скальных грунтов открытым способом производится в основном гидроударными механизмами, достоинством которых является создание наибольших давлений в гидросистеме, по сравнению с пневматическими механизмами. Как показала практика [1,2] наиболее эффективными являются гидропневматические гидроударные механизмы.

Гидропневмоударные механизмы используются в горной промышленности, при добыче полезных ископаемых, прокладке коммуникаций (в том числе бестраншейной), вбивании свай при строительстве различных объектов и т.д.

При исследовании гидроударных механизмов, применяемых при разрушении прочных и скальных грунтов применяются исследования, основанные на законах физики (в том числе жидкостей и газов), математики, механики грунтов.

Строгое математическое описание работы гидроударного механизма (движения бойка и корпуса) приводит к системе нелинейных дифференциальных уравнений, с переменными коэффициентами, численная реализация которых может быть выполнена с использованием стандартных или специально разработанных программ.

Эффективная работа гидроударных механизмов возможна также при учете физико-механических свойств грунта [1]. Мерзлые и скальные грунты относятся к одному классу и имеют общий характер структурных связей.

Мерзлые грунты, в зависимости от числа ударов плотномера ДорНИИ по ГОСТ 300067-93, изменяются от пятой до восьмой категории. Скальные грунты соответствуют шестой (и выше) категории грунта в соответствии с данным стандартом. Данные по физико-механическим свойствам грунтов необходимо учитывать при моделировании рассматриваемого оборудования.

Моделирование гидроударных механизмов, применяемых при разрушении мерзлых и скальных грунтов, основывается на создании целого комплекса программ, которые в свою очередь являются основой системы автоматизированного проектирования данного вида оборудования [1,2]. На рис. 1 изображен экскаватор с зубом – рыхлителем активного действия.

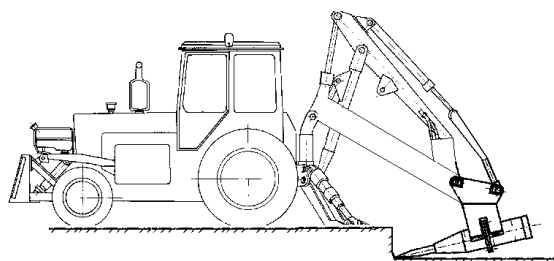


Рис. 1. Экскаватор ЭО 2621 с зубом-рыхлителем активного действия на основе гидроударного устройства

При проектировании гидроударных механизмов, работающих с переменными нагрузками можно пользоваться численными методами реализуемыми при помощи ЭВМ [1,2].

Постановка задачи на математическое моделирование – это перевод физических процессов в математические зависимости, с целью дальнейшего проектирования данного объекта [1,2].

На рис. 2 приведена блок-схема алгоритма расчета гидроударного механизма, предназначенного для разрушения мерзлого и скального грунта. Данный алгоритм реализован в программе Delfi [8].

На рис. 3 и 4 представлены рабочие окна программ для расчета основных параметров гидроударных механизмов, разработанных для моделирования гидроударных механизмов с целью выявления слабых мест в будущих конструктивных решениях.

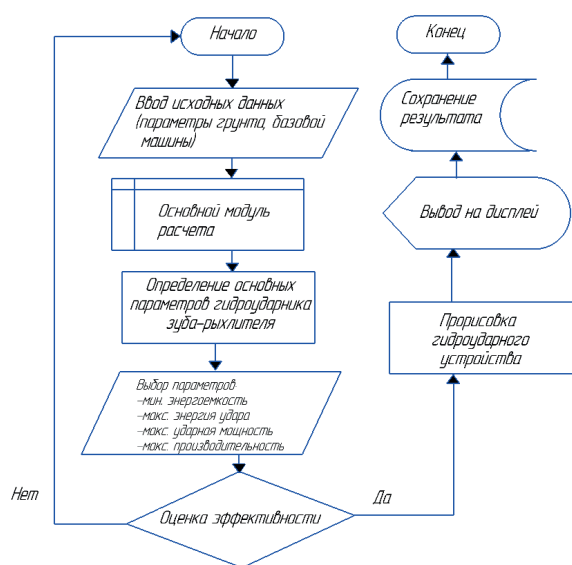


Рис. 2. Блок-схема алгоритма расчета гидроударного механизма

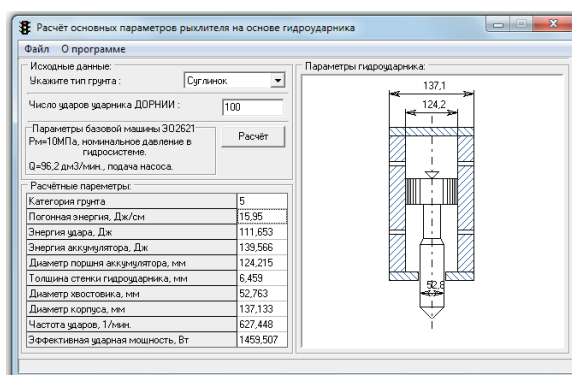


Рис. 3. Рабочее окно программы моделирования основных параметров зуба-рыхлителя активного действия на основе гидронеумоударника для экскаватора ЭО-2621 (грунт – суглинок)

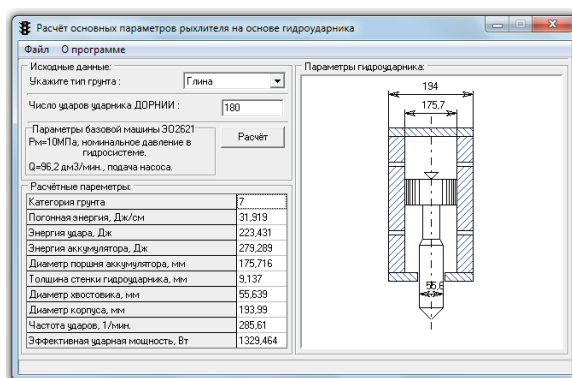


Рис. 4. Рабочее окно программы моделирования основных параметров зуба-рыхлителя активного действия на основе гидронеумоударника для экскаватора ЭО-2621 (грунт – глина)

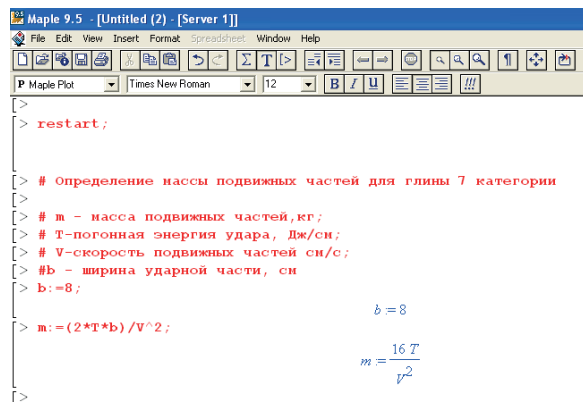
РАЗДЕЛ I.

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

В настоящее время существует множество программ, позволяющих производить автоматизированное моделирование различных динамических, сложных математических процессов, с целью дальнейшего изучения их особенностей и разработки конкретных рекомендаций для проектирования различного оборудования.

Такие программы как Maple, MathCad, Mathematica и MatLab позволяют с помощью математических символов описывать сложные процессы, происходящие в динамических системах, строить зависимости конкретных параметров в зависимости от заданных условий [9,10].

Так при помощи программы Maple, можно разработать имитационный комплекс, который будет описывать данную механическую систему при помощи математических символов. На рис. 5 показано рабочее окно программы Maple.



```
> restart;

# Определение массы подвижных частей для глины 7 категории
# m - масса подвижных частей, кг;
# T-логонная энергия удара, Дж/см;
# V-скорость подвижных частей см/с;
# b - ширина ударной части, см
b:=8;

m:=(2*T*b)/V^2;

b = 8
m = 16 T / v^2
```

Рис. 5. Рабочее окно программы Maple

Полученный таким образом программно-имитационный комплекс может описывать и устанавливать взаимосвязь между параметрами, от которых зависит эффективность рассматриваемого процесса.

На рис. 6, 7 приведены зависимости, рассчитанные в программе Maple (масса подвижных частей гидроударника в зависимости от требуемой энергии удара и скорости гидроударника для шестой и седьмой категории грунта соответственно).

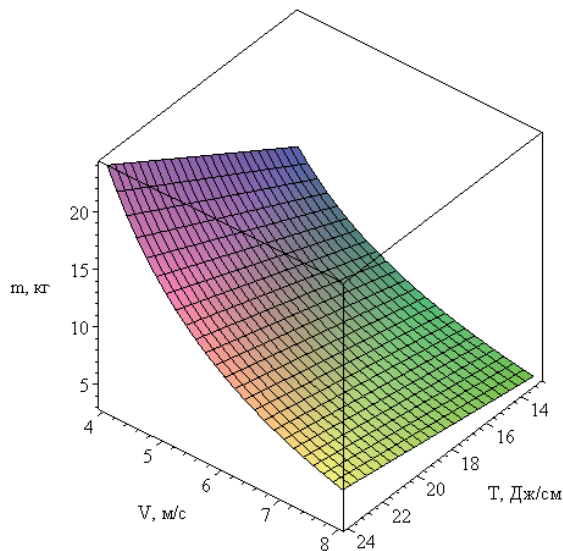


Рис. 6. Зависимость массы подвижных частей гидроударника в зависимости от требуемой энергии удара и от скорости гидроударника (шестая категория грунта)

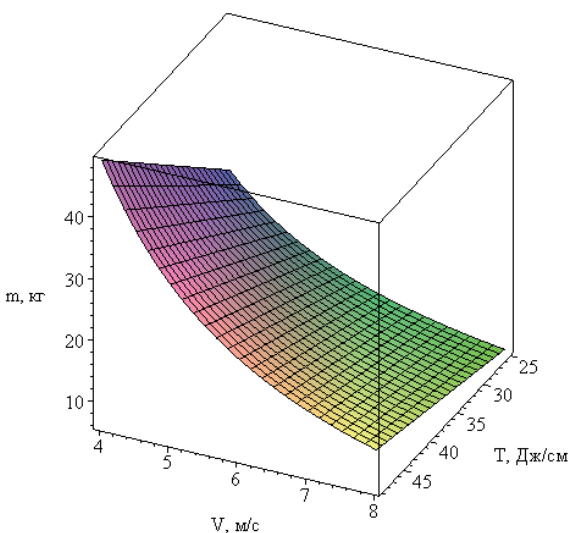


Рис. 7. Зависимость массы подвижных частей гидроударника в зависимости от требуемой энергии удара и от скорости гидроударника (седьмая категория грунта)

ВЫВОДЫ

Таким образом, исследование и моделирование гидропневмоударных механизмов, применяемых при разрушении мерзлых и прочных грунтов, представляет собой итера-

ционный процесс с множеством параметров и условий, влияющих на рабочий процесс. Создания эффективных систем автоматизированного проектирования и расчета гидроударного механизма, применяемого при разрушении мерзлого и скального грунта, снижает трудоемкость этих операций и помогает выбрать наиболее эффективный режим работы данных механизмов, что повышает производительность труда и снижает их стоимость при проведении опытных проектно-конструкторских работ (и расчетов).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галдин, Н.С. Рабочее оборудование ударного действия для уплотнения грунта трамбованием [Текст : Электронный ресурс] : монография / Н. С. Галдин ; СибАДИ, кафедра ПТТМиГ. - Электрон. дан. - Омск : СибАДИ, 2016. - 104 с. : ил., табл. + 1 эл. опт. диск (DVD-ROM). - Библиогр.: с. 102-104. - ISBN 978-5-93204-934-1.
2. Бедрина Е.А. Обоснование основных параметров гидроударников для ковшей активного действия : дис... канд. техн. наук: 05.05.04 : защищена 20.11.2002 : утв. 14.03.2003 / Е.А. Бедрина; науч. рук. проф. Н.С. Галдин; СибАДИ. - Омск, 2002.-212 с.
3. Королев А.В. Рабочее оборудование зарубежных гидравлических экскаваторов / А.В.

Королев: Обзор. М., ЦНИИТЭстроймаш, 1982. – 44 с.

4. Перлов А.С. Сменные рабочие органы гидравлических экскаваторов. / А.С. Перлов, А.В. Раннев, М.Я. Агароник, Г.В. Кириллов: Обзор. М., ЦНИИТЭстроймаш, 1978. – 65 с.

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

6. Автоматизация моделирования промышленных роботов / В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. – М. : Машиностроение, 1995. – 304 с.

7. Алимов, О.Д. Гидравлические виброударные системы / О.Д. Алимов, С. А. Басов. – М. : Наука, 1990. – 352 с.

8. Фаронов В.В. Delphi 6. Учебный курс / В.В. Фаронов; М. ,Издательство Молгачева С.В., 2001. – 672 с.

9. Ануфриев, И.Е. MATLAB 7 / И.Е. Ануфриев, А.Б. Смирнов, Е.Н. Смирнова. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 104 с.

10. Федотов А.В. Системы компьютерной алгебры. Работа с системой Maple: методические указания к лабораторной работе / А.В. Федотов; ОмГТУ, 2011. – 54 с.

METHODS OF INVESTIGATION AND SIMULATION OF HYDROPNEUMEROUS MECHANISMS APPLIED IN THE DESTRUCTION OF FROZEN AND SCALING SOILS BY MINING AND CONSTRUCTION MACHINES

N.S. Galdin, I.A. Semenova

Annotation. *The article contains information on the identification of the main directions in the study and design of hydraulic shock mechanisms used in the destruction of strong and rocky soils by mining and construction machines. The program and algorithm for calculating and modeling the basic parameters of hammers are presented, and also the dependencies of the parameters of hydrostatic devices used as working bodies of road-building machines are given, depending on the parameters of the developed soil and the parameters of the base machine built in the Maple program.*

Keywords: *hydropneumatic impact mechanism, soil, durable, frozen, rocky, basic machine, modeling*

REFERENCES

1. Galdin, N.S. Rabochee oborudovanie udarnogo dejstvija dlja uplotnenija grunta trambovaniem [Working equipment of impact action for soil compaction by tamping]. Omsk, SibADI, 2016, 104 p.
2. Bedrina E.A. Obosnovanie osnovnyh para-

metrov gidroudarnikov dlja kovshej aktivnogo dejstvija [Substantiation of the basic parameters of hydraulic hammers for buckets of active action]. candidate's thesis, Omsk, SibADI, 2002, 2012 p.

3. Korolev A.V. Rabochee oborudovanie zarubezhnyh gidravlicheskih jeksavatorov [Working equipment of foreign hydraulic excava-

tors]. Moscow, TSNIIEstroy Mash, 1982, 44 p.

4. Perlov A.S., Rannev A.V., Agaronik M.Ja., Kirillov G.V. Smennye rabochie organy gidravlicheskikh jekskavatorov [Replaceable working bodies of hydraulic excavators]. Moscow, CNITJestroj Mash, 1978, 65 p.

5. Belenkov Ju. A., Lepeshkin A. V., Mihajlin A. A. Gidravlika i gidropnevmoprivod [A. Hydraulics and hydropneumatic drive]. Moscow, Bastet, 2013. - 406 p.

6. Dmitriev V.M., Arajs L.A., Shutrenkov A.V. Avtomatizacija modelirovanija promyshlennyh robotov [Automation of simulation of industrial robots]. Moscow, Mechanical Engineering, 1995. 304 p.

7. Alimov O.D., Basov S.A. Gidravlicheskie vibroudarnye sistemy [Hydraulic vibro-impact systems]. Moscow, Science, 1990. 352 p.

8. Faronov V.V. Delphi 6, Moscow, Publisher Molgacheva SV, 2001, 672 p.

9. Anufriev I.E., Smirnov A.B., Smirnova E.N. MATLAB 7, St. Petersburg. : BHV-Petersburg, 2005, 104 p.

10. Fedotov A.V. Systems of computer algebra. Work with the Maple system: methodical instructions to laboratory work [Systems of com-

puter algebra. Working with the Maple system: guidelines for laboratory work]. Omsk, OmSTU, 2011, 54 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Галдин Николай Семенович (Россия, г. Омск) – профессор кафедры Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод ФГБОУ ВО СиБАДИ (644080 Россия, г. Омск, пр. Мира 5).

Galdin Nikolay Semenovich (Russia, Omsk) – Professor of the Department Hoisting-and-transport, traction machines and hydraulic drive, FSBEI HE «SibADI» (644080 Russia, Omsk, Mira ave. 5).

Семенова Ирина Анатольевна (Россия, г. Омск) – доцент кафедры Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод, ФГБОУ ВО СиБАДИ (644080 Россия, г. Омск, пр. Мира 5).

Semenova Irina Anatolyevna (Russia, Omsk) – associate professor of the Department Hoisting-and-transport, traction machines and hydraulic drive, FSBEI HE «SibADI» (644080 Russia, Omsk, Mira ave. 5).

УДК 625.89

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО БАРАБАНА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ КАМЕНИСТЫХ ШЕРОХОВАТОСТЕЙ НА ЛЕДЯНОМ ПОКРЫТИИ ДОРОГИ

*Ж.Т.Гапарова, Ж.Ж.Тургумбаев
Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан*

Аннотация. *Статья посвящена определению параметров устройства для образования шероховатостей на ледяном покрытии дороги. В работе описаны особенности конструкции устройства, образующего шероховатости на ледяном покрытии дороги за счет рассыпки на ледяном покрытии горячих каменных частиц, которые утапливаются в ледяное покрытие из-за положительной температуры и сил тяжести. Разработана расчетная схема взаимодействия распределительного барабана с резиновой втулкой и каменной частицей. Указаны условия вовлечения каменных частиц распределительным барабаном. Найдены зависимости, позволяющие определить углы захвата каменных частиц и наружный диаметр распределительного барабана.*

Ключевые слова: *распределительный барабан, коэффициент трения, ледяное покрытие, шероховатость, каменная частица.*

ВВЕДЕНИЕ

Борьба со скользкостью – важнейшая проблема содержания дорожных покрытий в зимнее время [1, 2]. Особую опасность для транспортных средств составляет езда по горным дорогам, имеющим крутые подъемы и спуски [3, 4]. Применяемые в настоящее время химические концентраты (смесь соли с песком) для борьбы с гололедицей являются экологически вредными и могут нанести урон растительности [5, 6]. Одним из распространенных способов борьбы со скользкостью является посыпка ледяных покрытий песком. Однако на горных дорогах эффективность посыпки песка на ледяное покрытие имеет низкую эффективность в связи с трудностью обеспечения зацепления (удерживания) холодных песков на наклонных участках дороги, и на этих опасных участках остается малое количество разбросанных песков [7].

В Кыргызском Государственном техническом университете им. И.Раззакова разработано устройство для образования шероховатостей на ледяном покрытии дороги [8]. Устройство способствует образованию шероховатостей на ледяной поверхности горной дороги путем рассыпки горячих каменных частиц на ледяное покрытие дороги. Каменные частицы утапливаются в ледяном покрытии за счет наличия положительной температуры и силы тяжести. Идея заключается в использовании холодной температуры ледяного покрытия и в замораживании каменных частиц на ледяном покрытии горной дороги. В работе изложена методика определения угла захвата каменной частицы и наружного диаметра распределительного барабана в зависимости от размера каменных частиц.

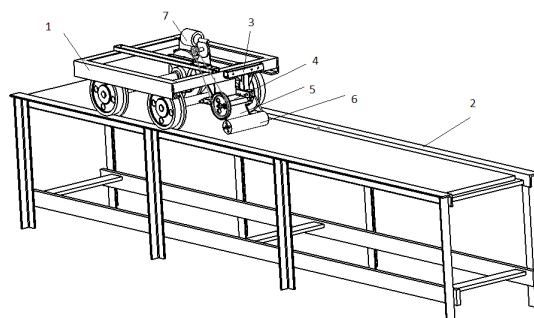
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ НА ЛЕДЯНОМ ПОКРЫТИИ ДОРОГИ

Устройство (рисунок 1) содержит передвижную тележку 1, которая передвигается по направляющим рельсам 2, установленный на тележке бункер 3, ленточный транспортер 4, смонтированный в нижней части бункера 2, наклонный лоток 5, прикрепленный к задней части бункера 2, распределительный барабан 6 с втулкой. Ленточный транспортер приводится в движение с помощью электродвигателя 7. Основным преимуществом данной установки является обеспечение минимального времени пребывания на холодном воздухе нагретых каменных частиц путем сокращения траектории

их движения от бункера до укладки на ледяном покрытии дороги.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ЗАХВАТА И НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО БАРАБАНА

Необходимым условием эффективной работы устройства для образования шероховатостей на ледяном покрытии горной дороги является вовлечение каменных частиц распределительным барабаном. Для улучшения захвата каменных частиц наружная поверхность распределительного барабана выполнена из резинового материала в виде втулки. Резиновая втулка обеспечивает надлежащее трение между каменными частицами и резиновой втулкой распределительного барабана.



*Рис. 1. Общий вид установки для образования шероховатости на ледяном покрытии дороги:
1 – передвижная тележка; 2 – направляющие рельсы; 3 – бункер; 4 – ленточный транспортер; 5 – наклонный лоток; 6 – распределительный вал с упругой втулкой; 7 – привод ленточного транспортера*

На рисунке 2 представлена расчетная схема взаимодействия каменной частицы с распределительным барабаном. Распределительный барабан 1 с резиновой втулкой 2 вращается с угловой скоростью ω и одновременно передвигается по поверхности ледяной дороги со скоростью v . Для удобства расчета принимаем форму каменной частицы 4 в виде сферы. Падая вниз по наклонному лотку 3, каменная частица соприкасается с резиновой втулкой 2 распределительного барабана 1. Вследствие одновременного поступательного движения устройства для распределения каменных частиц и вращательного движения распределительного барабана вокруг собственной оси происходит втягивание каменной частицы в резиновую втулку распределительного барабана.

Основным фактором процесса вовлечения каменной частицы в распределительный барабан являются силы трения, возникающие при их взаимодействии.

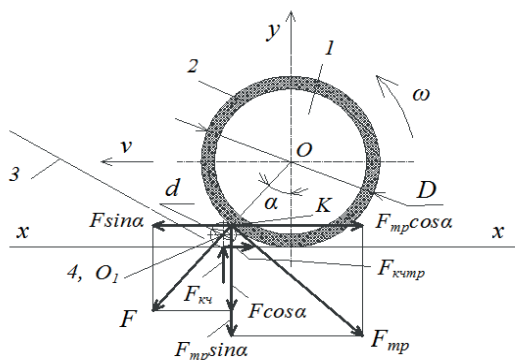


Рис. 2. Расчетная схема взаимодействия каменной частицы с распределительным барабаном

Сила трения F_{mp} между распределительным барабаном и каменной частицей направлена по касательной к наружной окружности распределительного барабана в точке касания с каменной частицей (точка K). Сила трения F_{mp} возникает в результате появления нормальной силы F , действующей по нормали в точке K. Сила F является силой давления распределительного барабана (через упругую втулку) на каменную частицу.

На ледяном покрытии в точке контакта с каменной частицей возникает реакция $F_{кч}$ на каменную частицу от силы давления F . В свою очередь, эта сила реакции $F_{кч}$ вызывает появление силы трения $F_{кчтр}$. Силой тяжести каменной частицы пренебрегаем ввиду ее незначительной величины.

Для определения усилия втягивания каменной частицы распределительным барабаном рассмотрим условия их равновесия. По горизонтальной оси $x-x$ действует проекция сил давления F и трения F_{mp} . Составим уравнение условия втягивания каменной частицы распределительным барабаном.

$$F \cdot \sin \alpha \leq F_{mp} \cdot \cos \alpha + F_{кчтр} . \quad (1)$$

Распишем:

$$F \cdot \sin \alpha \leq F \cdot f \cdot \cos \alpha + F_{кч} \cdot f_1 , \quad (2)$$

где f – коэффициент трения между резиновой втулкой распределительного барабана с ка-

менистой частицей; f_1 – коэффициент трения между ледяным покрытием дороги с каменной частицей; α – угол захвата каменной частицы.

По вертикальной оси y составляем уравнение равновесия проекции указанных сил (рис. 2)

$$F_{кч} - F \cdot \cos \alpha - F_{mp} \cdot \sin \alpha = 0 , \quad (3)$$

или

$$F_{кч} - F \cdot \cos \alpha - F \cdot f \cdot \sin \alpha = 0 , \quad (4)$$

отсюда

$$F_{кч} = F(\cos \alpha + f \cdot \sin \alpha) . \quad (5)$$

Подставляя значения реакции $F_{кч}$ в уравнение (2) получаем неравенство

$$F \cdot \sin \alpha \leq F \cdot f \cdot \cos \alpha + F \cdot f_1(\cos \alpha + f \sin \alpha) . \quad (6)$$

Обе части неравенства разделим на $F \cdot \cos \alpha$, тогда

$$\operatorname{tg} \alpha \leq f + f_1 + f_1 \cdot f \cdot \operatorname{tg} \alpha . \quad (7)$$

Производим преобразования:

$$\operatorname{tg} \alpha - f_1 \cdot f \cdot \operatorname{tg} \alpha \leq f_1 + f ; \quad (8)$$

$$\operatorname{tg} \alpha(1 - f_1 \cdot f) \leq f_1 + f , \quad (9)$$

или

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f_1 + f}{1 - f_1 \cdot f} . \quad (10)$$

Выражая коэффициенты трения f и f_1 через углы трения $\operatorname{tg} \varphi$ и $\operatorname{tg} \varphi_1$, получим зависимость определения угла захвата

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi}{1 - \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi} , \quad (11)$$

где φ_1 – угол трения между каменной частицей и ледяным покрытием дороги; φ – угол трения между каменной частицей и резиновой втулкой распределительного барабана.

Как видно из последней зависимости (11), угол захвата зависит от углов трения между каменной частицей с резиновой втулкой распределительного барабана и ледяным покрытием горной дороги.

Для определения соотношения диаметров распределительного барабана и каменной частицы используем расчетную схему согласно рисунку 2.

Диаметр резиновой втулки распределительного барабана обозначим буквой D , диаметр каменной частицы – d . Центр окружности распределительного барабана обозначим буквой O , центр каменной частицы – O_1 . Расстояние между центрами O_1 и O составляет $\frac{D}{2} + \frac{d}{2}$. Проекция этого расстояния на вертикальную ось y дают $\frac{D}{2} - \frac{d}{2}$. Эти два отрезка определяют соотношением

$$\left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2}\right) \cdot \cos \alpha = \frac{D}{2} - \frac{d}{2}. \quad (12)$$

Решая относительно $\frac{D}{d}$ получаем

$$\frac{D}{2} \cdot \cos \alpha - \frac{D}{2} = -\frac{d}{2} \cdot \cos \alpha - \frac{d}{2}. \quad (13)$$

Умножаем это уравнение на – 1:

$$\frac{D}{2} - \frac{D}{2} \cdot \cos \alpha = \frac{d}{2} + \frac{d}{2} \cdot \cos \alpha, \quad (14)$$

далее умножаем на 2:

$$D \cdot (1 - \cos \alpha) = d \cdot (1 + \cos \alpha), \quad (15)$$

и разделив на d окончательно получаем:

$$\frac{D}{d} = \frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}. \quad (16)$$

Подставляя значения угла захвата α по зависимости (11), получаем соотношения размеров каменных частиц и распределительного барабана.

Определим численные значения. Принимая угол трения между каменной частицей и резиной $\varphi = 18^\circ$ ($f = 0,32$), угол трения между каменной частицей и ледяным покрытием горной дороги $\varphi_1 = 3^\circ$ ($f_1 = 0,05$), находим: угол захвата

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi}{1 - \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi} = \frac{0,052 + 0,325}{1 - 0,052 \cdot 0,325} = 0,384, \quad (17)$$

откуда

$$\alpha = 21^\circ.$$

Определяем соотношение $\frac{D}{d}$

$$\frac{D}{d} = \frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} = \frac{1 + 0,934}{1 - 0,934} = 29,2. \quad (18)$$

ВЫВОД

Получены зависимости, позволяющие определить угол захвата каменных частиц и соотношение наружного диаметра втулки распределительного барабана от диаметра каменной частицы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александров А.С., Александрова Н.П. Некоторые особенности расчета втапливания шероховатостей в упруговязкопластический материал дорожного покрытия. // Автомобильные дороги и мосты. 2003 № 1. — С. 12-19.
2. A Practical Guide for Snow and Ice Control: The Snowfighter's Handbook. — Alexandria, Virginia, USA: The Salt Institute, 2013. — 24 p.
3. Барпиев, А.Ж. Влияние увеличения интенсивности движения автомобилей по горным дорогам на количество ДТП / А.Ж.Барпиев, Г.Дж.Джолдошева // Наука и новые технологии. — Бишкек, 2014. — № 2. — С. 25-27.
4. Шаршембиев, Ж.С. Анализ природно-климатических факторов, влияющих на показатели эксплуатационных свойств колесных машин в горных условиях / Ж.С.Шаршембиев // Известия ВУЗов. — Бишкек, 2011. — № 7. — С. 17–21.
5. Walus K.J. Analysis of Tire-road Contact Under Winter Conditions / K.J.Walus, Z.Oslewski // Proceedings of the World Congress on Engineering. Vol. III, July 6 – 8, 2011, London, UK. — pp 2381-2384.
6. Joseph Stromberg. What Happens to All the Salt We Dump On the Roads? Smithsonian.com. January 6, 2014. Read more: <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-happens-to-all-the-salt-we-dump-on-the-roads-180948079/> № 4Ckkj7jb4xBd9971.99.
7. Гапарова, Ж.Т. Технология и оборудование для улучшения сцепных свойств снежной поверхности горной дороги / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). Выпуск 2. — Омск, 2005. — С. 81–85.

8. Пат. 1377 КР: МПК Е 01 Н 10/00: Устройство для образования шероховатости на ледяной поверхности дороги / Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова, С.Дж.Тургумбаев; КГТУ. - № 20100062.1; заявл. 18.05.2010; опубл. 30.08.2011, Бюл. № 8. – С. 9.

баев, Ж.Т.Гапарова, С.Дж.Тургумбаев; КГТУ. - № 20100062.1; заявл. 18.05.2010; опубл. 30.08.2011, Бюл. № 8. – С. 9.

DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF ROCKY ROUGHNESS FORMATION DEVICE'S ON AN ICE-COVERED ROAD

Zh.T.Gaparova, J.J.Turgumbaev

Abstract. *The article is devoted to the definition of the parameters of the device to form roughness on the icy road surface. This paper describes the design features of the device to form roughness on the icy road surface, which allows the formation of irregularities on the icy surface of a mountain road due to wastage on an icy road surface the hot rocky particles. The rocky particles are recessed in the ice cover due to the positive temperature and their own gravity. A design scheme of interaction of the distribution of the drum with a rubber sleeve with rocky particle was work out. The conditions involving rocky particle distribution drum are pointed. The dependences, for determining angles of stony particles and capture the outer diameter of the distributor drum are found.*

Keywords: *distribution drum, gripping angle, coefficient of friction of the ice cover, the roughness, rocky particles.*

REFERENCES

1. Alexandrov A.S., Alexandrova N.P. Nekotorye osobennosti rascheta vtaplivania sherohovatostei v uprugoviazkoplachestkii material dorozhnogo pokrytia [Some peculiarities of calculation embed roughness in elastoviscoplastic material of the road surface]. Roads and bridges - 2003, no 1, pp. 12-19.

2. A Practical Guide for Snow and Ice Control: The Snowfighter's Handbook. – Alexandria, Virginia, USA: The Salt Institute, 2013, pp. 24.

3. Barpiev A.Zh., Zholdosheva G.Zh. Vlianie uvelichenia intensivnosti dvizhenia avtomobilei po gornym dorogam na kolichestvo DTP [The Influence of increasing intensity of car traffic on mountain roads the number of traffic accidents]. Science and New Technologies. – Bishkek, 2014, no 2, pp. 25-27.

4. Sharshembiev Zh.S. Analiz prirodno-klimaticheskikh faktorov, vliuushih na pokazateli eksploatacionnykh svoystv kolesnykh mashin v gornyykh usloviyakh [Analysis of climatic factors influencing the performance properties of wheeled vehicles in the mountains]. Izvestiya vuzov. – Bishkek, 2011, no 7, pp. 17-21.

5. Walus K.J. Analysis of Tire-road Contact Under Winter Conditions. Proceedings of the World Congress on Engineering. Vol. III, July 6 – 8, 2011, London, UK. – pp. 2381-2384.

6. Joseph Stromberg. What Happens to All the

Salt We Dump On the Roads? Smithsonian.com. January 6, 2014. Read more: <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-happens-to-all-the-salt-we-dump-on-the-roads-180948079/> № 4Ckkj7jb4xBd9971.99.

7. Turgumbaev J.J., Gaparova Zh.T. Tekhnologia I oborudovanie dlia uluchshenia stsepynykh svoystv snejnoi poverhnosti gornoj dorogi [Technology and equipment to improve grip properties of the snow surface mining road]. Vestnik SibADI – Omsk, 2005, no 2 – pp. 81-85.

8. Turgumbaev J.J., Gaparova Zh.T., Turgumbaev S.Zh. Ustroistvo dlia obrazovaniya sherohovatosti na ledianoj poverhnosti dorogi [The device for the formation of roughness on the ice surface road]. Patent KR, no 20100062.1, 2011.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гапарова Жанаркан Тахтауновна (Бишкек, Кыргызстан) – старший научный сотрудник НИИ физико-технических проблем при КГТУ им. И.Раззакова (720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66, e-mail: janar_2018@mail.ru).

Gaparova Zhanarkan Tahtahunovna (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: janar_2018@mail.ru).

Турдумбаев Женишбек Жумадылович (Бишкек, Кыргызстан) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры “Механика и промышленная инженерия” Кыргызского государственного технического университета (КГТУ) им. И.Раззакова (720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66, e-mail: t_jenish@mail.ru).

Turgumbaev Jenishbek Jumadilovich (Bishkek, Kyrgyzstan) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department of Mechanics and industrial engineering of the Kyrgyz State Technical University (KSTU) named after I.Raz-zakov (720044, Bishkek, Ch.Aitmatov ave., 66, e-mail: t_jenish@mail.ru).

UDK 621.23.05

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ПРОХОДКИ СКВАЖИН В ГРУНТЕ

В.П. Гилета^{1,2}, И.В. Тищенко¹, Ю.В. Ванаг²

¹ Институт горного дела им. Н. А. Чинакала, г. Новосибирск, Россия

² Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

Аннотация. В работе приведены технологические приемы циклической проходки скважин диаметром свыше 300 мм методами виброударного продавливания и комбинированного с частичным уплотнением и экскавацией грунта на основе использования пневмоударных машин (пневматических генераторов импульсной нагрузки). Результаты исследований, полученные с использованием физических моделей грунтозаборных устройств позволили установить характерные особенности изменения силы сопротивления обратному транспортированию оборудования с извлекаемым грунтовым керном по мере его удаления от забоя. Получены аналитические выражения для инженерного расчета требуемого усилия лебедки. Приведены технические характеристики созданного ряда лебедок скреперного типа, работающих на едином энергоносителе с ударными машинами – сжатом воздухе.

Предложена принципиальная схема лебедки с гибридным пневматическим приводом, имеющая переменную тягово-скоростную характеристику при ограниченном расходе энергоносителя, реализация конструкции которой при виброударном продавливании и комбинированном способе позволяет сократить время технологического цикла образования скважин и повысить производительность проходческих работ.

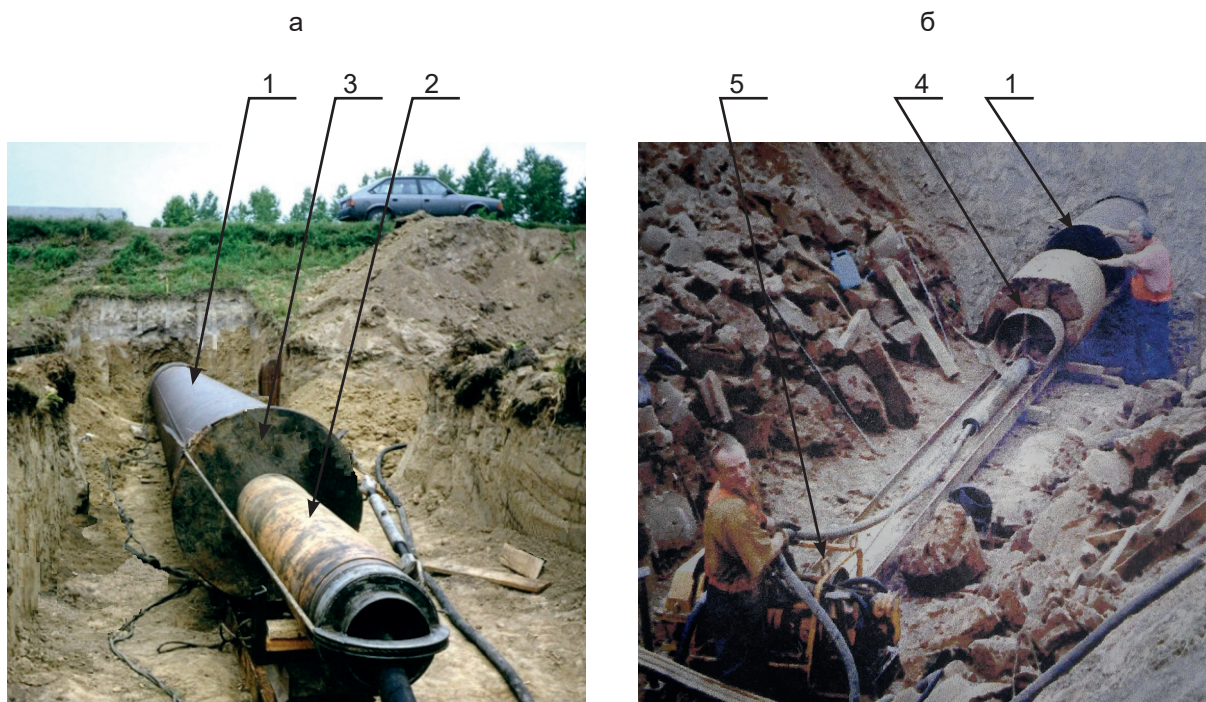
Ключевые слова: виброударное продавливание, комбинированная проходка, грунтозаборное устройство, грунтопроходчик, лебедка, пневматический привод.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из этапов сооружения и реконструкции объектов промышленного и гражданского назначения, логистических кластеров и транспортных магистралей является прокладка подземных коммуникаций. Насыщенная инфраструктура современных мегаполисов, ужесточение строительных и экологических нормативов, направленных на минимизацию ущерба, наносимого существующим сооружениям и природным экосистемам с последующим сокращением объемов и затрат при проведении восстановительных мероприятий, выдвигают на первый план развитие закрытых

(бестраншейных) методов, основанных на образовании каналов в приповерхностных слоях грунтового массива [1].

Анализ потребностей строительного производства и данные международного Союза предпринимателей подземного строительства показывают, что при устройстве таких переходов значительное количество работ приходится на проходку скважин диаметром до 600 мм и длиной до 40 м. По принятой классификации сооружения таких размеров относятся к классу непроходных. В этом случае реализация бестраншейных методов является особо сложной задачей, так как управление техническими средствами может осуществляется



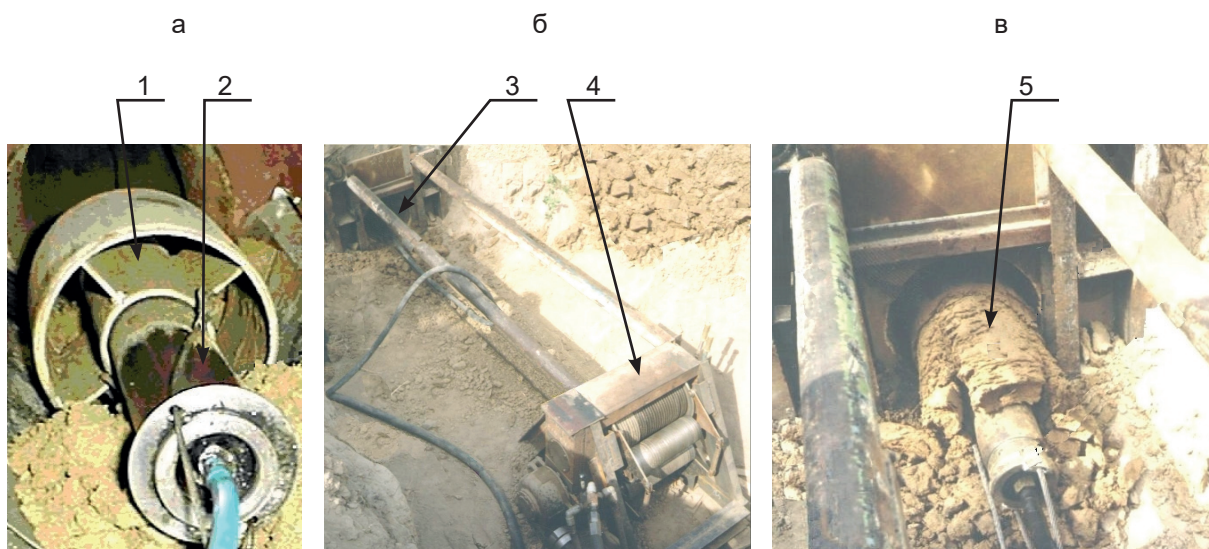
*Рис. 1. Проходка скважины виброударным продавливанием с погружением трубы-кожуха (а) и экскавацией грунтового керна (б):
1 – труба-кожух; 2 – пневмомолот; 3 – переходная насадка;
4 – грунтозаборное устройство; 5 – лебедка*

только дистанционно с дневной поверхности, исключая нахождение обслуживающего персонала непосредственно вблизи забойной зоны [2-6].

Среди многообразия технологических приемов для получения скважин непроходного сечения достаточно известны виброударные способы проходки с использованием пневматических машин ударного действия. Для образования диаметров скважин диаметром до 300 мм в уплотняемых грунтах методом прокалывания широко используют пневматические машины ударного действия – пневмопробойники [7]. Опыт эксплуатации такого оборудования в России, ближнем и дальнем зарубежье показал эффективность технологических процессов с их использованием. К достоинствам пневмоударных машин можно также отнести возможность прокладки трубопроводов из любых материалов, сравнительно низкая себестоимость, высокая надежность, малые габаритные размеры, что позволяет существенно сократить транспортные расходы, объемы подготовительных, земляных, монтажных и восстановительных работ.

Для проходки скважин большего сечения до 1420 мм включительно применим метод

виброударного продавливания [8, 9]. Он заключается в предварительном внедрении стального трубчатого элемента 1 с открытым передним торцом в грунтовой массив (рис. 1а). Источником импульсного воздействия служит пневмомолот 2, оснащенный переходной насадкой 3. Внедряемый стержень одновременно является и рабочим инструментом разработки забойной зоны, и обсадной оболочкой долговременной защиты стенок скважины от обрушения. Поступающий при этом во внутреннюю полость трубы грунт затем удаляется. Данный процесс может быть как непрерывным и протекать за счет эффекта вибротранспортирования грунтовой массы, наблюдаемом при определенном сочетании статической и динамической нагрузки [10], так и носить циклический характер [11]. Последний является наиболее универсальным, так как не требует погружения трубной плети на всю длину перехода и выхода ее в приемный приямок, позволяет проводить экскавацию керна на любом этапе проходки, обеспечивая тем самым приемлемые скоростные показатели процесса, эффективно вести работы в широком спектре грунтовых условий. Комплект оборудования (рис. 1б) включает грунтозабор-



*Рис. 2. Оборудование для проходки скважины комбинированным способом:
а – общий вид грунтопроходчика; б – разработка забоя; в – извлечение грунтового керна
1 – кольцевой рабочий орган; 2 – пневмоударный привод;
3 – устье скважины; 4 – лебедка; 5 – грунтовой керн*

ное устройство 4, выполненное в виде полого цилиндрического керноприемника в качестве рабочего органа, жестко соединенного с пневмоударным приводом. Доставка агрегата к забою и его разработка осуществляются под действием динамической импульсной нагрузки. Обратное извлечение устройства с керовой массой в рабочий приямок производится канатной лебедкой 5.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Накопленный многолетний опыт по созданию и практическому применению оборудования на базе пневмоударной техники для реализации представленных выше способов прокладки подземных коммуникаций показал перспективность использования для выполнения переходов диаметром 300 – 600 мм альтернативного комбинированного метода проходки. Суть технологии заключается в разделении всего объема вытесняемого грунта на две фракции, одна из которых уплотняется в радиальном направлении, обеспечивая временную устойчивость стенок скважины, а другая – удаляется за ее пределы [12-14].

Для его апробации был спроектирован и изготовлен опытный образец проходческого комплекса для образования каналов диаметром 325 – 426 мм (рис. 2). Основным его функциональным элементом является грунтопроход-

чик с кольцевым рабочим органом 1, установленным на корпусе пневмоударного привода 2 (рис. 2а). Доставка оборудования к забойной зоне через входное устье скважины 3 и его последующее извлечение осуществляется канатной лебедкой двустороннего действия 4 (рис. 2б). Ударный механизм включается только на время перемещения забоя, что улучшает условия его эксплуатации и в целом продлевает срок службы агрегата. Разработанный грунтовой керн 5 в виде тела волочения совместно с грунтопроходчиком удаляется за пределы скважинного пространства в рабочий приямок (рис. 2в). Режим работы оборудования носит циклический характер, заключающийся в периодическом повторении перечисленных выше технологических операций.

Полевые испытания проходческого комплекса велись на полигоне ИГД СО РАН и на различных строительных объектах г. Новосибирска. В ходе их выполнения успешно пройдено около 200 м промышленных скважин различного назначения.

С целью дальнейшего совершенствования технологии комбинированной проходки и оптимизации параметров функциональных элементов оборудования была проведена обширная исследовательская работа. Постановка стендовых экспериментов осуществлялась в лабораторных условиях по методике приближенного физического моделирования

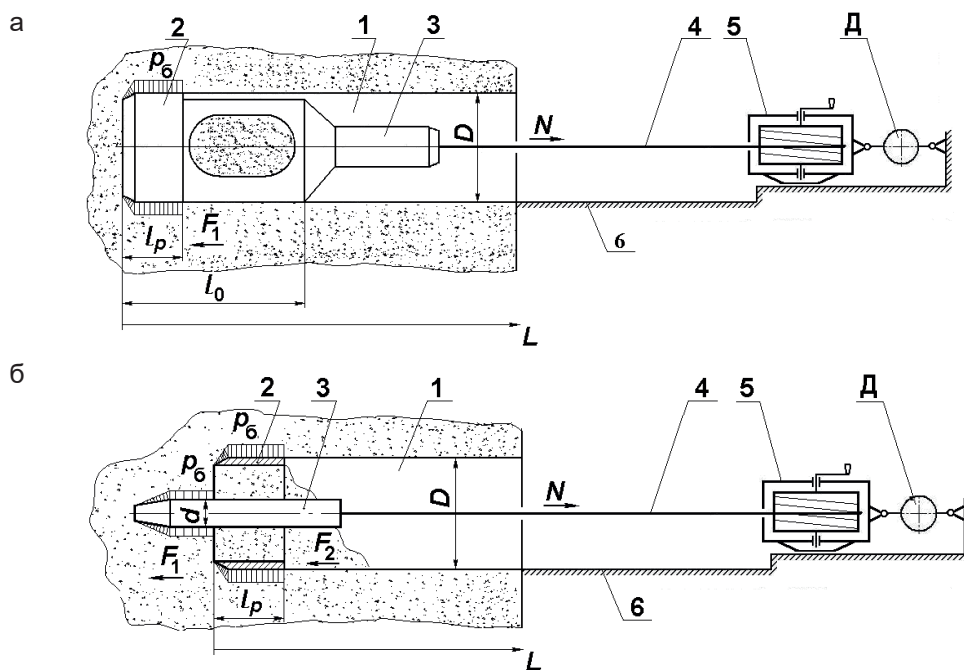


Рис. 3. Схема экспериментальной установки при работе с устройством емкостного (а) и перепускного (б) типа

процесса [15]. Объектами исследований выступали действующие масштабные модели грунтопроходчиков, функционирующие на тех же принципах, что и устройства натуральных размеров. Наружный диаметр калибрующей части составлял $D = 110$ мм. В первом варианте передний кольцевой рассекатель размером $l_p = 85$ мм совмещался с грунтоприемной капсулой, образуя замкнутую полость ограниченного объема общей длиной $L_0 = 0,5$ м (рис. 3а). Энергия удара источника импульсной нагрузки составляла $E = 40$ Дж при частоте $f = 10,8$ Гц [16]. Во втором случае рабочий орган выполнялся в виде короткого кольцевого фрагмента длиной, равной его диаметру ($l_p = D = 110$ мм), обеспечивающего перепуск грунта в ранее разработанный участок скважины для последующей экскавации (рис. 3, б). Параметры ударной мощности привода соответствовали значениям: $E = 8$ Дж; $f = 4,2 - 10,4$ Гц [17].

Серии опытов проводились на стенде, представляющем собой грунтовый канал с необходимым набором оборудования и измерительно-регистрирующих средств. По своим характеристикам стендовый грунт соответствовал супеси с объемным весом $\gamma = 1770$ кг/м³, влажностью $\omega = 5,6$ %, ударной плотностью $C = 5 \div 6$. Контроль перечисленных пара-

метров осуществлялся в соответствии с требованиями ГОСТ 5180-84.

В ходе экспериментов на моделях сохранялись основные технологические принципы циклической проходки скважин оборудованием натуральных размеров, включая выполнение следующих операций (рис. 3):

- доставку модели грунтопроходчика по скважине 1 к забою статическим усилием подачи;

- разработку забойной зоны с разделением грунта на фракции и формированием стенок канала рабочим органом 2, приводимым в действие ударным приводом 3;

- экскавацию излишней грунтовой массы при обратном перемещении оборудования тяговым канатом 4, наматываемым на барабан ручной лебедки 5, закрепленной на направляющей рамной конструкции 6.

В первом варианте величина внедрения в забой была постоянной и составляла $x = 0,4$ м, а во втором изменялась в каждой серии опытов, начиная от значения в одну длину рабочего органа ($x = l_p = 0,11$ м) с шагом, равным его половине:

$$x_i = x_{i-1} + 0,5 \cdot l_p$$

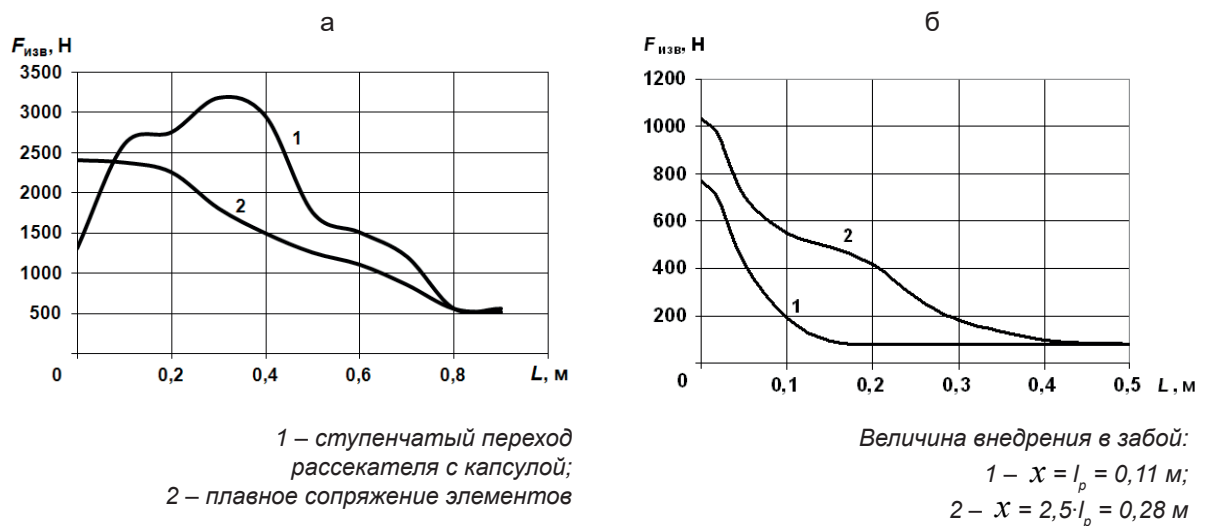


Рис. 4. Изменение силы сопротивления извлечению по мере удаления от забоя модели грунтопроходчика емкостного (а) и перепускного (б) типа.

Одним из исследуемых параметров являлись усилия, развиваемые лебедкой при обратном перемещении грунтопроходчика с грунтовым керном, которые фиксировались по показаниям пружинного динамометра Д (рис. 3) типа ДПУ-01-2 ГОСТ 13837-79.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные значения позволили определить характер изменения сопротивления стендового грунтового массива извлечению моделей различного исполнения. На рис. 4 представлены графические зависимости, построенные после соответствующей обработки экспериментальных данных. При этом за исходную точку отсчета принято положение в момент отрыва устройства от забоя (рис. 3).

Анализ построенных графиков функций показывает, что в большинстве случаев (кривые 2 на рис 4а и 1, 2 на рис 4б) пиковые значения необходимого тягового усилия развиваются в начальной фазе процесса и соответствуют максимуму сопротивления грунтового массива. Исключение составляет вариант, когда сопряжение переднего рассекателя размером $D = 110$ мм с грунтоприемной капсулой, диаметр которой меньше на 5 мм, выполнено в ступенчатой форме (рис. 3а). При обратном перемещении по вновь пройденному участку эта ступенька начинает срезать стенку скважины, постепенно образуя плотный грунтовый нарост на наружной поверхности капсульной полости, что приводит к увеличению внешнего трения и трехкратному росту силы сопротив-

ления движению на участке 0,1 – 0,3 м (кривая 1 на рис.4а). Дальнейшее движение в сторону скважинного устья на расстояние, равное приблизительно двукратной величине шага проходки для грунтопроходчика емкостного типа (рис. 4а) и полуторократной - для модели с перепускным рабочим органом (рис 4б) сопровождается постепенным снижением максимальных значений функций до минимального уровня, остающегося неизменным вплоть до полного выхода устройства за пределы грунтового массива.

Сопоставление двух кривых на рис. 4б показывает, что для модели с перепускным рабочим органом увеличение величины внедрения в 2,5 раза не приводит к существенному росту усилия отрыва, которое повышается менее чем в 1,4 раза с $F_{изв} = 770$ Н до $F_{изв} = 1030$ Н. Однако при этом на графике 2 имеется участок, на котором падение силы замедляется, что объясняется наличием перепущенного грунтового керна (рисунок 3б), трение которого о стенки скважины создает дополнительное сопротивление перемещению. Наличие данной особенности не позволяет увеличить глубину разработки забоя за цикл проходки свыше $x = 2,5 \cdot l_p$ из-за опасности возникновения анкерного эффекта, который выражался в резком увеличении силы сопротивления обратному перемещению грунтопроходчика после его отрыва от забоя, что приводило к перегрузке лебедки и полной остановке процесса.

Сравнение двух вариантов исполнения моделей показывает, что в случае использования оборудования емкостного типа с грун-

топриемной капсулой имеет место более тяжелый (приблизительно в два раза) режим нагружения лебедки (рис. 4а). Данный факт объясняется большей величиной разработки забоя за цикл проходки, увеличенными массогабаритными показателями таких устройств, что приводит к росту силы внешнего трения боковых поверхностей о стенки скважины по сравнению с устройствами перепускного типа (рис. 4б).

Опираясь на полученные экспериментальные данные и используя расчетную схему взаимодействия грунтопроходчика с массивом, построенную на основе известного решения задачи о расширении грунтовой полости коническим расширителем [18] предложены методики упрощенного расчета таких устройств [16]. В них, согласно принятой оценке показателей основных механических характеристик различных категорий грунтов [19], получены аналитические зависимости, описывающие сопротивление среды внедрению устройств ударного действия с кольцевыми рабочими органами. При этом внешнее боковое сопротивление изменяется пропорционально величине нормального давления обжатия грунтовым массивом взаимодействующих с ним элементов грунтопроходчика:

$$F_1 = k_1 \cdot S_{бок} \cdot \psi \cdot (b_l - a_l R) \cdot (\rho g h + P_{атм}), \quad (1)$$

где k_1 – коэффициент трения «металл-грунт»; $S_{бок}$ – суммарная площадь боковых поверхностей, контактирующих с грунтом, м²; ψ – коэффициент пропорциональности, $\psi = 0,15$ [17]; a_l , b_l – коэффициенты линейной аппроксимации среднего давления грунта [18]; R – наружный радиус рабочего органа, м; ρ – плотность грунта, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с², $g = 9,81$ м/с²; h – глубина залегания скважины, м; $P_{атм}$ – атмосферное давление, Па, $P_{атм} = 101325$ Па.

Извлечение устройства из скважины сопряжено с преодолением основного сопротивления, вызванного как действием самой силы F_1 (рис. 3а), так и присоединением к ней дополнительного трения F_2 перепущенного через рабочий орган грунтового керна о стенки канала (рис. 3б). Последнее можно учитывать через зафиксированную разницу между усилием извлечения при минимальном $x_i = I_p$, когда

$F_{изв} = 770$ Н и максимальном $x_i = 2,5 \cdot I_p$, когда $F_{изв} = 1030$ Н внедрении модели в забой, составляющую около 35% (рис. 4б). Исходя из этого, номинальное значение силовой характеристики лебедки должно быть не менее:

$$N \geq F_{изв} = 1,35 \cdot F_1, \quad (2)$$

На основе проведенных исследований выполнен инженерный расчет основных параметров различных типоразмеров натуральных образцов проходческого оборудования комбинированного типа. В дальнейшем это позволило перейти к проектированию его отдельных функциональных элементов, включая и канатную лебедку. При этом, соблюдая принцип использования единого энергоносителя, для питания последней целесообразно использовать тот же сжатый воздух, на котором работает и сам импульсный генератор грунтопроходчика. Благодаря своим преимуществам пневматические приводы нашли широкое распространение в горном машиностроении [20]. Отечественная и зарубежная промышленность выпускает большую номенклатуру двигателей вращательного действия, обладающих мягкими нагрузочными характеристиками. С учетом ограниченного потребления энергоносителя, обусловленного возможностями передвижных компрессорных станций, применяемых в условиях строительной площадки, максимальная мощность пневмомотора не может превышать $10 \div 12$ кВт. Исходя из этого, в соответствии с нормами проектирования грузоподъемного оборудования [21], разработан ряд тяговых механизмов, предназначенных для использования как в технологии комбинированной проходки (рис. 2), так и при виброударном продавливании для очистки труб от грунтового керна (рис. 1а). Их технические данные приведены в таблице 1.

Производительность проходческих и очистных операций напрямую зависит от величины перемещения забоя за один рабочий цикл и скорости обратного транспортирования устройства с порцией извлекаемого грунта в рабочий приямок. Поэтому дальнейшее повышение технического уровня создаваемого оборудования связано с улучшением выходных характеристик применяемых лебедок. Однако практическая реализация такого подхода традиционными способами существенно сдерживается возможностью создания более мощных приводов вращательного действия, их высоки-

Таблица 1
ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕБЕДОК

Параметр	Тип лебедки		
	Однобарабанная	Однобарабанная	Двухбарабанная
Номинальное тяговое усилие, кН	32	50	40
Скорость намотки каната, м/мин	0 ÷ 15	0 ÷ 12	0 ÷ 13
Канатоемкость барабана, м	70	65	2×95
Двигатель; - тип;	П8-12	П12-12	П8-12
- номинальная мощность, кВт;	8	12	8
- номинальная частота вращения, с ⁻¹ ;	12,5	12,5	12,5
- давление сжатого воздуха, МПа	0,6	0,6	0,6
- расход сжатого воздуха, м ³ /мин	8,2	12,2	8,2
Общее передаточное отношение привода	52	80	60

ми передаточными отношениями (табл.), что дополнительно усложняет и удорожает конструкцию.

Вместе с тем, как показали исследования, при извлечении устройства с грунтовым керном из скважины действие номинального значения тягового усилия и, соответственно крутящего момента на валу двигателя, требуется на сравнительно коротком интервале по сравнению с длиной самого перехода (рис. 4). В ходе дальнейшего движения нереализуемый запас мощности может быть трансформирован в более высокие скоростные показатели лебедки, что уменьшит время обратного перемещения оборудования и цикла экскавационных работ. Исходя из таких особенностей, возникает целесообразность создания гибридного пневматического привода, обеспечивающего переменную тягово-скоростную характеристику проектируемого механизма при ограниченном расходе энергоносителя [22].

Предложенная конструкция пневматической лебедки (рис. 5а) состоит из рамного основания 1, пневмодвигателя 2, редуктора 3, барабана 4, валы которых соединяются управляемой муфтой 5. Дополнительным силовым элементом привода служит пневмоцилиндр двустороннего действия 6, корпус которого шарнирно связан с рамой, а шток передает усилия на исполнительный орган лебедки при помощи рычажного механизма преобразования движения. Последний включает в себя рычаг 7 и обгонную муфту, состоящую из храпового колеса 8 и собачки 9.

Функционирование устройства заключается в последовательном выполнении необходи-

мых рабочих операций (рис. 5б). Для отрыва от забоя и начала процесса извлечения грунтозаборного оборудования 10 из выработки 11, включением муфты барабан соединяется с редуктором основного привода. Через распределитель 12, магистрали 13, 14 сжатый воздух подается в пневмомотор и штоковую полость 15 пневмоцилиндра. Поворотом крана 16 так же запитывается и его поршневая камера 17. За счет разности их рабочих площадей шток начинает выдвигаться, а его поступательное перемещение помощью рычажного механизма преобразования движения и обгонной муфты трансформируется во вращательное движение, передаваемое на барабан. Совместная работа двух двигателей позволяет в течение ограниченного промежутка времени достичь максимального значения крутящего момента и реализовать номинальное значение тягового усилия на канате 18, необходимое для преодоления сопротивления грунтовой среды.

Дальнейшая фаза движения системы характеризуется падением нагрузки до минимального уровня. При этом дифференциальная схема включения пневмоцилиндра не позволяет резко возрасти скорости движения его штока. Снижение крутящего момента на барабане до величины, реализуемой основным пневмодвигателем вращательного действия, позволит ему выйти на номинальную частоту вращения, увеличив скорость намотки каната. Обгонная храповая муфта автоматически снимет силовое воздействие пневмоцилиндра, шток которого, завершив рабочий ход, останавливается, а заполненный объем поршневой полости впоследствии служит аккумуля-

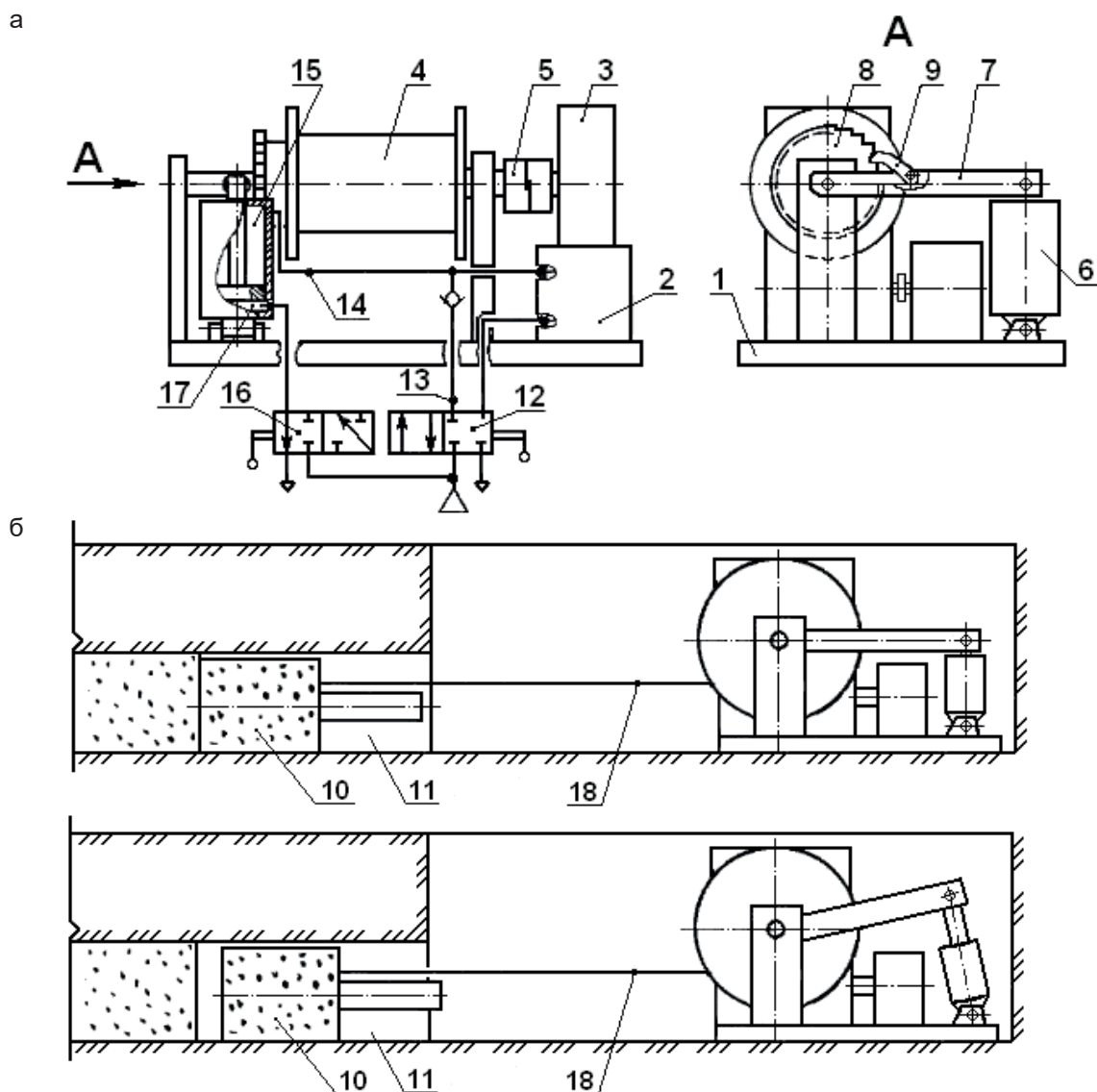


Рис. 5. Общий вид пневматической лебедки (а) с гибридным приводом и схема ее работы при отрыве ГЗУС от забоя (б) и транспортировании по скважине (в)

тором для стабилизации давления энергоносителя на входе в пневмомотор.

ВЫВОДЫ

Созданы самодвижущиеся грунтозаборные устройств (ГЗУС) с рабочими органами емкостного и перепускного типа для выполнения скважин в уплотняемых грунтах с расположением рабочего органа впереди пневмоударной машины или в ее средней части.

Предложена эмпирическая формула для определения силы сопротивления извлечению модели из забоя. Установлено, что усилие

отрыва ГЗУС емкостного типа от забоя превышает усилие транспортирования более чем в 3 раза, а для ГЗУС перепускного типа – более чем в 7 раз.

Предложена принципиальная схема лебедки с гибридным пневматическим приводом, обеспечивающим переменную тягово-скоростную характеристику при ограниченном расходе энергоносителя, реализация конструкции которой при виброударном продавливании и комбинированном способе позволяет сократить время технологического цикла образования скважин и повысить производительность проходческих работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыбаков, А. П. Основы бестраншейных технологий (теория и практика) / А. П. Рыбаков. – М.: Стройиздат, 2006. – 304 с.
2. Кюн, Г. Закрытая прокладка непроходных трубопроводов / Г. Кюн, Л. Шойбле, Х. Шлик; Пер. с нем. Е.Ш. Фельдмана. – М.: Стройиздат, 1993. – 169 с.
3. Бестраншейная прокладка инженерных коммуникаций / Е. Д. Баландинский и др. – М.: Центр технического инжиниринга и маркетинга и рекламы, 1991. – 139 с.
4. Кершенбаум, Н. Я. Проходка горизонтальных и вертикальных скважин ударным способом / Н. Я. Кершенбаум, В. И. Минаев. – М.: Недра, 1984. – 246 с.
5. Строительство городских систем газоснабжения. Справочник строителя / А. П. Шальнов и др. – М.: Стройиздат, 1976. – 360 с.
6. Руководство по проходке горизонтальных скважин при бестраншейной прокладке инженерных коммуникаций / ЦНИИОМТП Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1982. – 96 с.
7. Пневмопробойники в строительном производстве / А. Д. Костылев и др. – Новосибирск: Наука, 1987. – 142 с.
8. Повышение эффективности и долговечности импульсных машин для сооружения протяженных скважин в породных массивах / Б. Н. Смоляницкий и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 204 с.
9. Современные технологии сооружения протяженных скважин в грунтовых массивах и технические средства контроля их траектории / Б. Н. Смоляницкий и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. – 237 с.
10. Тищенко, И. В. Виброударное продавливание и комбинированный способ очистки труб от грунтового керна / И. В. Тищенко // Строительные и дорожные машины. – 2013. – № 11. – С. 39-42.
11. Гилета, В. П. Повышение эффективности проходки скважин методом виброударного продавливания / В. П. Гилета, И. В. Тищенко, Ю. В. Ваняг // Вестник КузГТУ. – 2016. – № 6. – С. 82- 88.
12. Данилов, Б. Б. Пути совершенствования технологий и технических средств для бестраншейной прокладки коммуникаций / Б. Б. Данилов // ФТПРПИ. – 2007. – № 2. – С. 69-76
13. Гилета, В. П. Проходка скважин с частичной экскавацией грунта / В. П. Гилета, Б. Н. Смоляницкий // Строительные и дорожные машины. – 2001. – № 4. – С. 7-9.
14. Петреев, А. М. Образование скважин пневмопробойниками и грунтопроходчиками с кольцевым инструментом / А. М. Петреев, Б. Н. Смоляницкий, Б. Б. Данилов // ФТПРПИ. – 2000. – № 6. – С. 53-58.
15. Баловнев, В. И. Физическое моделирование резания грунтов / В. И. Баловнев. – М.: Машиностроение, 1969. – 159 с.
16. Смоляницкий, Б.Н. Создание оборудования ударного действия для проходки скважин в грунте комбинированным способом / Б.Н. Смоляницкий, Д.С. Воронцов // Механизация строительства. – 2017. – Т. 78. – № 1. – С. 38-43.
17. Тищенко, И. В. Комбинированная проходка скважин в грунте ударными устройствами с кольцевым инструментом / И. В. Тищенко, Б. Н. Смоляницкий, В. П. Гилета // ФТПРПИ. – 2006. – № 6. – С. 87-97.
18. Исаков, А. Л. Задача о расширении грунтовой полости при бестраншейной замене подземных коммуникаций / А. Л. Исаков, А. Е. Земцова // ФТПРПИ. – 1998. – № 3. – С. 95-100.
19. Исаков, А. Л. О классификации грунтов без жестких структурных связей по их прочностным характеристикам // ФТПРПИ. – 2000. – № 6. – С. 26-29.
20. Зиневич, В. Д. Пневматические двигатели горных машин / В. Д. Зиневич, Г. З. Ярмоленко, Е. Г. Калита. – М.: Недра, 1975. – 344 с.
21. Справочник по кранам: в 2 т. Т. 1. / Под общ. ред. М. М. Гохберга. – М.: Машиностроение, 1988. – 536 с.
22. Пат. 2157333 РФ: МПК В 66 D 1/08: Пневматическая лебедка / В. П. Гилета, И. В. Тищенко, Б.Н. Смоляницкий, И.П. Леонов, И.Э. Вэбер; ИГД СО РАН. – № 99114032/28; заявл. 28.06.1999; опубл. 10.10.2000, Бюл. № 28.

INCREASE IN EFFICIENCY OF THE CYCLIC DRIVING OF WELLS IN SOIL

V.P. Gileta, I.V. Tishchenko, Yu.V. Vanag

Abstract. *Processing methods of a cyclic driving of wells with a diameter over 300 mm by methods of vibro-impact pushing and combined with partial consolidation and excavation of soil on the basis of use of*

pneumo-percussive mashines (pneumatic bore-hole driver) are given in work. The results of researches received with use of the ground intake devices physical models have allowed to establish characteristics of change of force of resistance to the return transportation of the equipment with the taken soil core in process of his removal from a face. Analytical expressions for engineering calculation of the winch tractive force are received. Technical characteristics of the created number of the winches of scraper type working at the uniform energy carrier with shock cars – compressed air are given. The schematic diagram winch with hybrid pneumatic drive, the having variable traction and high-speed characteristic is offered at a limited expense of the energy carrier which realization of a design at vibroshock breakdown and a combined method allows to reduce time of a production cycle of formation of wells and to increase productivity of driving works.

A schematic diagram of a winch with a hybrid pneumatic drive is proposed, which has variable traction and speed characteristics with a limited energy carrier consumption, the implementation of the design which in vibro-impact pushing and combined method allows to reduce time of process of formation of wells and improve the performance of the tunneling works.

Keywords: *vibro-impact pushing, combined hole-making, ground intake device, tunneling machine, winch, pneumatic drive.*

REFERENCES

1. Rybakov A. P. Osnovy bestranshejnyh tekhnologij (teoriya i praktika) [Basics of trenchless technologies (theory and practice)]. Moscow, Strojizdat, 2006. 304 p.

2. Kyun G., Shojble L., Shlik H. Zakrytaya prokladka neprohodnyh truboprovodov [Closed laying of no-go pipelines]. Moscow, Strojizdat, 1993. 168 p.

3. Balandinskij E. D. and other. Bestranshejnaya prokladka inzhenernyh kommunikacij [Trenchless laying of engineering services]. Moscow, Centr tekhnicheskogo inzheniringa i marketinga i reklamy, 1991. 139 p.

4. Kershenbaum N. Ya., Minaev V. I. Prohodka gorizontaľnyh i vertikal'nyh skvazhin udarnym sposobom [Driving of horizontal and vertical wells by percussion method]. Moscow, Nedra, 1984. 246 p.

5. Shal'nov A. P. and other. Stroitel'stvo gorodskih sistem gazosnabzheniya. Spravochnik stroitelya [The construction of urban gas supply systems. The Builder Reference book]. Moscow, Strojizdat, 1976. 360 p.

6. Rukovodstvo po prohodke gorizontaľnyh skvazhin pri bestranshejnoj prokladke inzhenernyh kommunikacij [Guidelines for the horizontal wells drilling in trenchless laying of engineering services] / CNIOMTP Gosstroya SSSR. Moscow, Strojizdat, 1982. 96 p.

7. Kostylev A. D. and other. Pnevmoпробойники v stroitel'nom proizvodstve [Pneumodrill in construction production]. Novosibirsk, Nauka, 1987. 142 p.

8. Smolyanitskij B. N. and other. Povyshenie ehffektivnosti i dolgovechnosti impul'snyh mashin dlya sooruzheniya protyazhennyh sk-

vazhin v porodnyh massivah [Increase of efficiency and durability of pulse machines for construction of extended wells in rock massifs]. Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 2013. 204 p.

9. Smolyanitskij B. N. and other. Sovremennye tekhnologii sooruzheniya protyazhennyh skvazhin v gruntovyh massivah i tekhnicheskie sredstva kontrolya ih traektorii [Modern technologies for the construction of extended wells in soil massifs and technical means for monitoring their trajectory] [Modern technologies of construction of long wells in underground arrays and technical means of verification of their trajectory]. Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 2016. 237 p.

10. Tishchenko I. V. Vibroudarnoe prodavlivanie i kombinirovannyj sposob oчитki trub ot gruntovogo kerna [Vibropercussive pipeline piercing and the integrated process for removal of a soil core from a pipe]. Stroitel'nye i Dorozhnye Mashiny. 2013, no. 11, pp. 39-42.

11. Gileta V. P., Tishchenko I. V., Vanag Yu. V. Povyshenie ehffektivnosti prohodki skvazhin metodom vibroudarnogo prodavlivaniya [Increase in efficiency of the driving of wells by method of vibro-impact pushing]. KuzSTU, 2016, no. 6, pp. 82-88.

12. Danilov B. B. Puti sovershenstvovaniya tekhnologij i tekhnicheskikh sredstv dlya bestranshejnoj prokladki kommunikacij [Ways of improvement of the technologies and equipment for trenchless communications laying] // Journal of Mining Science. 2007, vol. 43 (2), pp. 171-176.

13. Gileta V. P., Smolyanitskij B. N. Prohodka skvazhin s chastichnoj ehkskavaciej grunta [Well drilling with partial soil excavation]. Stroitel'nye i Dorozhnye Mashiny. 2001, no. 4, pp. 7-9.

14. Petreev A. M., Smolyanitskij B. N., Danilov B. B. Obrazovanie skvazhin pnevmoprobojnika-

УДК 62-82:681.581.5

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ КРАНО-МАНИПУЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК МОБИЛЬНЫХ МАШИН

И.А. Лагерев, А.В. Лагерев

Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, г. Брянск, Россия

Аннотация. Представлена методика оптимального проектирования крано-манипуляторных установок мобильных транспортно-технологических машин на предпроектной стадии разработки технического предложения. Предпроектная оптимизация позволяет комплексно определить оптимальное сочетание достаточно большого числа базовых проектных параметров – основных характерных конструктивных размеров металлоконструкции установки (длин и габаритных размеров поперечных сечений звеньев, присоединительных размеров для гидродвигателей) и характеристик гидропривода (рабочего давления и расхода рабочей жидкости).

Ключевые слова: мобильная машина, крано-манипуляторная установка, многокритериальная оптимизация, вес конструкции, рабочее давление.

ВВЕДЕНИЕ

Для крано-манипуляторных установок (КМУ), предназначенных для размещения на подвижном шасси мобильных транспортно-технологических машин различного назначения, их оптимальное проектирование является в настоящее время одним из наиболее перспективных направлений повышения эффективности функционирования данного вида подъемно-транспортной техники и действенным инструментом выявления резервов грузоподъемности в уже известных конструкциях [1, 2].

При этом задача оптимального проектирования КМУ, включая совместное рассмотрение конструктивных элементов металлоконструкции и силового привода, должна ставиться и решаться как задача многокритериальной оптимизации на основе учета значимых показателей качества и степени их приоритетности с точки зрения обеспечения надежности, экономичности, энергоэффективности и безопасности эксплуатации проектируемого оборудования. Это обусловлено несколькими причинами:

– для большинства подлежащих расчету конструктивных элементов КМУ мобильных машин значащими являются несколько (два и более) показателей качества, как правило, выражающих массогабаритные и энергетические характеристики оптимизируемых конструкций и систем [3];

– как показывают результаты расчетов [4, 5], проведение широко используемой ранее

однокритериальной оптимизации конструкций грузоподъемных машин [6-8] при одинаковых исходных данных последовательно для различных показателей качества приводит к получению не совпадающих между собой оптимальных значений искомых управляемых параметров оптимизации.

При оптимальном проектировании гидравлической КМУ мобильных машин целесообразно ориентироваться на такие показатели качества, как ее собственная масса M_{ms} и мощность насосной установки силового гидропривода N_n . В этом случае решается двуединая технико-экономическая задача: для спроектированной КМУ одновременно обеспечиваются как низкие эксплуатационных расходы за счет энергоэффективности привода, так и низкие производственные расходы за счет материалоемкости металлоконструкции. Оптимизация позволяет комплексно определить оптимальное сочетание достаточно большого числа базовых проектных параметров - характерных конструктивных размеров металлоконструкции КМУ (длин и габаритных размеров поперечных сечений звеньев, присоединительных размеров для гидродвигателей) и характеристик гидропривода (рабочего давления и расхода рабочей жидкости).

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Данная оптимизационная задача является многокритериальной. Ее математическую постановку рассмотрим на примере трехзвенной КМУ с поворотными звеньями, соединенными

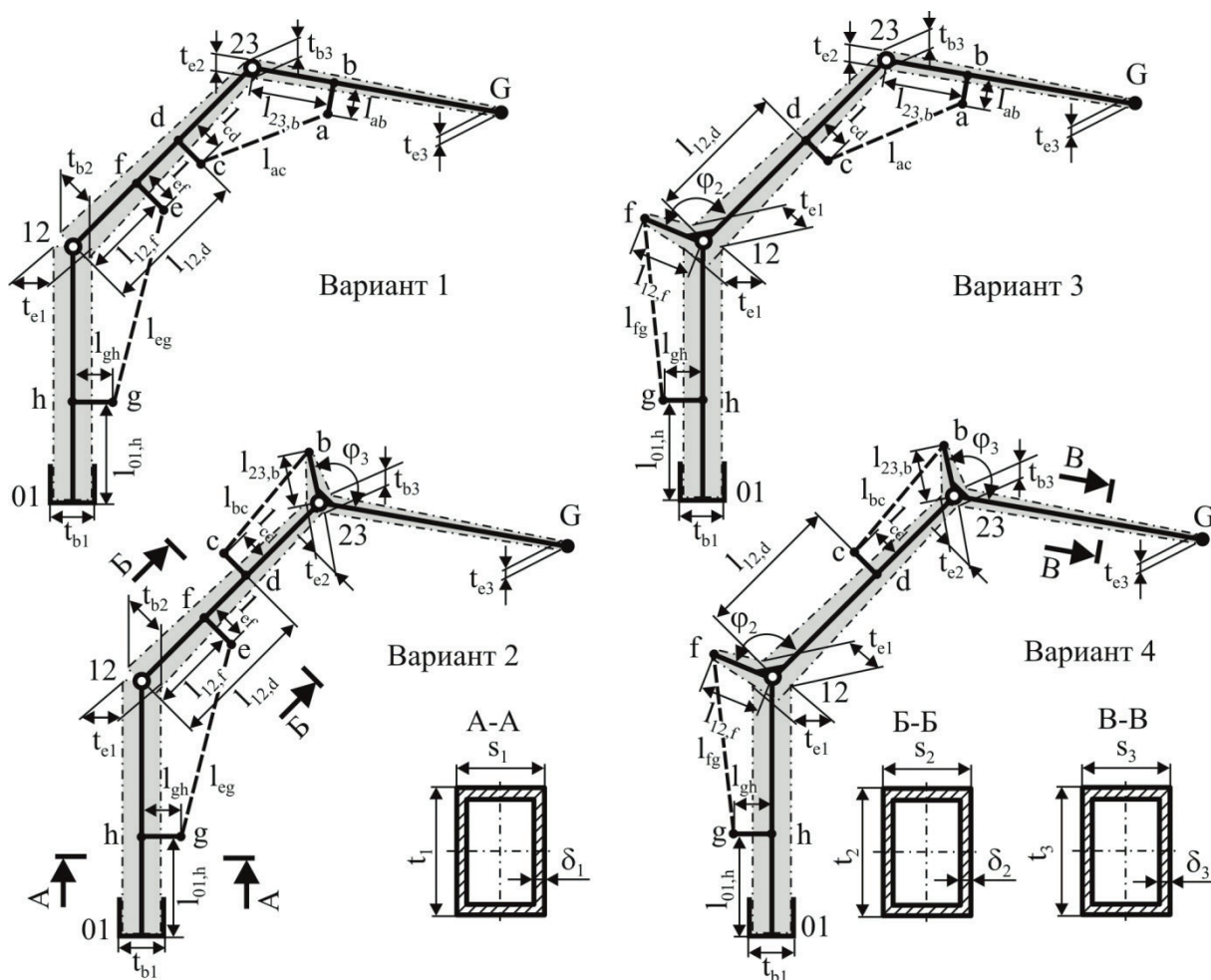


Рис. 1. Варианты конструктивного исполнения гидравлической трехзвенной КМУ с поворотными звеньями

между собой цилиндрическими шарнирами. Такую кинематическую схему имеют, в частности, КМУ мобильных машин АСТ-4-А (Россия), Varco 295ML (США) и др., а также судовые палубные краны-гидроманипуляторы. Учитывая хорошо зарекомендовавшие себя на практике варианты конструктивного исполнения металлоконструкции поворотных звеньев гидравлических КМУ, приводящихся в движение с помощью силовых гидроцилиндров, имеется 4 возможных варианта компоновки грузоподъемной стрелы (рис. 1).

Так как последовательность действий, выполняемая при построении математической модели и задачи оптимизации для любого из конструктивных вариантов КМУ, одинакова, то далее детально она будет показана на примере варианта 2, который соответствует кинематической схеме энергетической машины АСТ-4-А для сварки магистральных газо- и нефтепроводов [9].

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Изменение в процессе поиска оптимального решения присоединительных размеров, определяющих места крепления гидроцилиндров к металлоконструкции звеньев, позволяет управлять величиной внутренних силовых факторов в характерных сечениях звеньев (что оказывает влияние на размеры их поперечных сечений и собственную массу грузоподъемной стрелы M_{ms}), а также необходимыми тяговыми усилиями и линейными скоростями движения гидроцилиндров (что оказывает влияние на величину рабочего давления P_H , расход рабочей жидкости Q_H и мощность гидропривода N_H). Анализ вариантов конструктивного исполнения трехзвенной КМУ показывает, что собственная масса металлоконструкции грузоподъемной стрелы и мощность насосной установки определяется сочетанием следую-

щих параметров: длин звеньев (L_1, L_2, L_3), присоединительных размеров гидроцилиндров ($l_{01,h}, l_{12,f}, l_{12,d}, l_{23,b}, l_{gh}, l_{ef}, l_{cd}, l_{ab}$), габаритных размеров поперечных сечений звеньев (высоты $t_{b1}, t_{e1}, t_h, t_{b2}, t_{e2}, t_f, t_d, t_{b3}, t_{e3}, t_b$; ширины s_1, s_2, s_3), толщин стенок звеньев ($\delta_1, \delta_2, \delta_3$), углов поворота рычагов (φ_2, φ_3), хода звеньев (q_{20}, q_{30}) и начального положения звеньев ($\Delta q_2, \Delta q_3$). Всего 31 параметр для каждого варианта.

Показатель качества – собственная масса M_{ms} КМУ – определяется суммированием масс отдельных звеньев с учетом их конструктивного исполнения (с рычагом и без рычага) и силовых гидроцилиндров. Для i -го варианта манипуляционной системы (рис. 1) она выражается одной из соответствующих зависимостей

$$M_{ms1} = M_{s1} + M_{s2} + M_{s3} + M_{cy2} + M_{cy3};$$

$$M_{ms2} = M_{s1} + M_{s2} + M_{s3l} + M_{cy2} + M_{cy3};$$

$$M_{ms3} = M_{s1} + M_{s2l} + M_{s3} + M_{cy2} + M_{cy3};$$

$$M_{ms4} = M_{s1} + M_{s2l} + M_{s3l} + M_{cy2} + M_{cy3} \quad (1)$$

где M_{si}, M_{sil} – масса i -го звена КМУ без рычага и с рычагом соответственно; M_{cyi} – масса гидроцилиндра, приводного по отношению к i -му звену КМУ.

Для рассматриваемого варианта 2 собственная масса M_{ms2} КМУ, выраженная с учетом характерных конструктивных размеров звеньев, будет иметь вид:

$$\begin{aligned} M_{ms2} = & \rho L_1 \delta_1 (t_{b1} + t_{e1} + 2s_1 - 4\delta_1) + \\ & + \rho \delta_2 \{ s_2 [L_2 + t_{b2} + t_{e2} + \sqrt{(t_f - t_{b2})^2 + l_{12,f}^2} + \\ & + \sqrt{(t_f - t_d)^2 + (l_{12,d} - l_{12,f})^2} + \\ & + \sqrt{(t_d - t_{e2})^2 + (L_2 - l_{12,d})^2}] + (t_{b2} + t_f) l_{12,f} + \end{aligned}$$

$$+ (t_f + t_d)(l_{12,d} - l_{12,f}) + (t_d + t_{e2})(L_2 - l_{12,d}) \} +$$

$$+ \rho \delta_3 \{ s_3 [L_3 + t_{b3} + t_{e3} + l_{23,b} +$$

$$+ \sqrt{(t_{b3} - t_b)^2 + l_{23,b}^2} + \sqrt{(t_{b3} - t_{e3})^2 + L_3^2}] +$$

$$+ (t_b + t_{b3}) l_{23,b} + (t_{b3} + t_{e3}) L_3 \} +$$

$$+ \pi \rho k_{cy} \Delta l_{cy2} [(D_{cy2} + 2s_{cy2})^2 - (1 - k_d) D_{cy2}^2] / 4 +$$

$$+ \pi \rho k_{cy} \Delta l_{cy3} [(D_{cy3} + 2s_{cy3})^2 - (1 - k_d) D_{cy3}^2] / 4,$$

где k_{cy} – коэффициент, учитывающий массы вспомогательных элементов гидроцилиндра; k_d – коэффициент диаметра штока [10]; Δl_{cyi} – ход штока i -го гидроцилиндра; s_{cy2} – толщина стенки i -го гидроцилиндра, определяемые согласно [10].

Второй показатель качества – мощность N_n насосной установки гидропривода КМУ – определяется как максимальная мгновенная мощность, необходимая для совершения допустимого совместного движения звеньев 2 и 3, определяется соотношением:

$$\begin{aligned} N_n = & 0,25 \pi p_n [D_{cy2}^2 v_{cy2,max}(\dot{q}_2) + \\ & + D_{cy3}^2 v_{cy3,max}(\dot{q}_3)], \end{aligned} \quad (2)$$

где D_{cyi} – диаметр гидроцилиндра i -го звена; $v_{cyi,max}(\dot{q}_i)$ – максимальная линейная скорость штока гидроцилиндра i -го звена, обеспечивающая требуемую угловую скорость поворота \dot{q}_i .

Анализ зависимости (2) показывает, что мощность насосной установки определяется сочетанием трех параметров – p_n, D_{cy2}, D_{cy3} .

Параметры, входящие в зависимости (3) и (2) для расчета показателей качества M_{msi} и N_n , могут рассматриваться как управляемые параметры задачи оптимизации КМУ мобиль-

ной машины, из которых должен формироваться подлежащий оптимизации вектор $\{x\}_i$. Применительно к варианту 2 конструктивного исполнения КМУ он будет иметь вид:

$$\{x\}_2^T = \{L_1 L_2 L_3 q_{20} q_{30} \Delta q_2 \Delta q_3 p_n D_{2y2} D_{2y3} s_1 s_2 s_3 \delta_1 \delta_2 \delta_3 l_{01,h} l_{gh} t_{b1} t_{e1} t_{b2} t_{e2} t_{b3} t_{e3} \\ l_{12,f} l_{ef} l_{12,d} l_{cd} l_{23,b} t_h t_f t_d \varphi_3 t_b\} = \{x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6 x_7 x_8 x_9 x_{10} x_{11} x_{12} x_{13} x_{14} \\ x_{15} x_{16} x_{17} x_{18} x_{19} x_{20} x_{21} x_{22} x_{23} x_{24} x_{25} x_{26} x_{27} x_{28} x_{29} x_{30} x_{31} x_{32} x_{33} x_{34}\}.$$

Для построения комплексной целевой функции задачи многокритериальной оптимизации КМУ мобильной машины целесообразно использовать разработанную в [4] аддитивную функцию, которая адаптируется к виду:

$$C_2(\{x\}_2, \{z\}_2) = \sqrt{w_1 \left[1 - \frac{C_{M2}(\{x\}_{M2}^{opt}, \{z\}_{M2}^{opt})}{C_{M2}(\{x\}_2, \{z\}_2)} \right]^2 + w_2 \left[1 - \frac{C_{N2}(\{x\}_{N2}^{opt}, \{z\}_{N2}^{opt})}{C_{N2}(\{x\}_2, \{z\}_2)} \right]^2} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где C_{M2}, C_{N2} – целевые функции задачи однокритериальной оптимизации показателей качества M_{ms} и N_n варианта 2 исполнения КМУ; $\{x\}_{M2}^{opt} (\{x\}_{N2}^{opt}), \{z\}_{M2}^{opt} (\{z\}_{N2}^{opt})$ – векторы управляемых и неуправляемых параметров в точке оптимума показателя качества $M_{ms} (N_n)$ при однокритериальной оптимизации; $C_{M2}(\{x\}_{M2}^{opt}, \{z\}_{M2}^{opt}), C_{N2}(\{x\}_{N2}^{opt}, \{z\}_{N2}^{opt})$ – значения целевых функций в оптимальной точке при однокритериальной оптимизации; w_1, w_2 – весовые коэффициенты, характеризующие степень важности показателя качества с точки зрения проектировщика ($w_1 + w_2 = 1$).

Как того требует теория многокритериальной оптимизации [3, 11], отдельные слагаемые в выражении (3) являются безразмерными и нормированными величинами, значения которых в допустимом пространстве искомых векторов $\{x\}$ лежат в интервале $[0;1]$.

При использовании комплексной целевой функции вида (3) процесс оптимального проектирования технического объекта протекает в два этапа:

– на первом этапе выполняется однокритериальная оптимизация на основе условной минимизации целевых функций C_k по всем k учитываемым показателям качества с нахождением значений векторов управляемых $\{x\}_k^{opt}$ и неуправляемых $\{z\}_k^{opt}$ параметров в точке оптимума k -й целевой функции C_k , а также значений целевых функций в оптимальной точке $C_k(\{x\}_k^{opt}, \{z\}_k^{opt})$;

– на втором этапе выполняется многокритериальная оптимизация на основе условной минимизации целевой функции (3) с нахождением оптимальных векторов $\{x\}^{opt}$ и $\{z\}^{opt}$.

Содержащиеся в оптимальных векторах $\{x\}^{opt}$ и $\{z\}^{opt}$ параметры характеризуют такую конструкцию проектируемой КМУ, которая в наибольшей степени отражает учитываемые ее показатели качества M_{msi} и N_n и наилучшим образом обеспечивает их одновременное сочетание. Вычислительная эффективность применения свертки нескольких показателей качества при многокритериальной оптимизации в виде комплексной целевой функции вида (3) обусловлена тем, что требуется проведения ряда однотипных расчетов для нескольких различных сочетаний весовых коэффициентов при неизменном вычислительном алгоритме. Это имеет существенное значение для разработки универсального программного обеспечения для автоматизации проектирования мобильных транспортно-технологических машин.

Нахождение минимума целевой функции

(3), а также векторов $\{x\}_i^{opt}$ и $\{z\}_i^{opt}$ в точке ее оптимума должно выполняться с учетом системы ограничений неравенствами, в общем виде выражающими условия компоновки звеньев и гидроцилиндров, допустимое сочетание габаритных размеров поперечных сечений звеньев, обеспечение требуемых размеров рабочей зоны КМУ, подбор типоразмеров выпускаемых насосов и гидроцилиндров, обеспечение тягового усилия, мощности и плавности хода гидроцилиндров, прочность характерных сечений звеньев КМУ и ряд других.

Конкретное сочетание перечисленных условий и их математическое выражение определяются вариантом конструктивного исполнения трехзвенной КМУ (рис. 1). Для варианта 2 система ограничений задачи оптимизации КМУ, содержащая 99 ограничений-неравенств, имеет следующий вид:

– общие условия компоновки звеньев:

$$\begin{aligned} L_1 - l_{01,h} \geq 0; \quad L_2 - l_{12,d} \geq 0; \quad l_{12,d} - l_{12,f} \geq 0; \quad L_3/3 - l_{23,b} \geq 0; \quad l_{23,b} - 0,7t_{b3} \geq 0; \\ t_{b3} - t_b \geq 0; \quad t_b - t_{e3}/3 \geq 0; \quad l_{ef} - 0,7t_f \geq 0; \quad l_{cd} - 0,7t_d \geq 0; \quad l_{gh} - 0,7t_h \geq 0; \\ t_f - t_{b2} - (t_{e2} - t_{b2})l_{12,f}/L_2 \geq 0; \quad t_h - t_{b1} - (t_{e1} - t_{b1})l_{01,h}/L_1 \geq 0; \quad t_{e1} - t_{b2} \geq 0; \\ t_d - t_{b2} - (t_{e2} - t_{b2})l_{12,d}/L_2 \geq 0; \quad t_{e2} - t_{b3} \geq 0; \quad t_{b1} - t_{e1} \geq 0; \quad t_{b2} - t_{e2} \geq 0; \quad t_{b3} - t_{e3} \geq 0; \\ \pi/6 - |q_{20}| \geq 0; \quad \pi/6 - |q_{30}| \geq 0; \quad \pi/2 - q_{20} - \Delta q_2 \geq 0; \quad \pi/2 - q_{30} - \Delta q_3 \geq 0; \\ \varphi_3 - \pi/4 \geq 0; \quad 5\pi/6 - \varphi_3 \geq 0, \end{aligned}$$

– условия компоновки гидроцилиндров звеньев:

$$\begin{aligned} \sqrt{l_{12,e}^2 + l_{12,g}^2 + 2l_{12,e}l_{12,g} \sin\{q_{20} - \arctg(l_{ef}/l_{12,f}) - \arctg[l_{gh}/(L_1 - l_{01,h})]\}} - \Delta l_{cy2} \geq 0; \\ \sqrt{l_{23,b}^2 + l_{23,c}^2 + 2l_{23,b}l_{23,c} \sin\{q_{30} + \Delta q_3 + \varphi_3 + \arctg[l_{cd}/(L_2 - l_{12,d})]\}} - \Delta l_{cy3} \geq 0, \end{aligned}$$

– допустимое сочетание габаритных размеров поперечных сечений звеньев:

$$\begin{aligned} s_1/t_{b1} - \xi_s^{\min} \geq 0; \quad \xi_s^{\max} - s_1/t_{b1} \geq 0; \quad s_1/t_{e1} - \xi_s^{\min} \geq 0; \quad \xi_s^{\max} - s_1/t_{e1} \geq 0; \quad s_2/t_{b2} - \xi_s^{\min} \geq 0; \\ \xi_s^{\max} - s_2/t_{b2} \geq 0; \quad s_2/t_{e2} - \xi_s^{\min} \geq 0; \quad \xi_s^{\max} - s_2/t_{e2} \geq 0; \quad s_3/t_{b3} - \xi_s^{\min} \geq 0; \\ \xi_s^{\max} - s_3/t_{b3} \geq 0; \quad s_3/t_{e3} - \xi_s^{\min} \geq 0; \quad \xi_s^{\max} - s_3/t_{e3} \geq 0; \quad s_1/t_h - \xi_s^{\min} \geq 0; \quad \xi_s^{\max} - s_1/t_h \geq 0 \\ ; \quad s_2/t_f - \xi_s^{\min} \geq 0; \quad \xi_s^{\max} - s_2/t_f \geq 0; \quad s_2/t_d - \xi_s^{\min} \geq 0; \quad \xi_s^{\max} - s_2/t_d \geq 0; \\ s_3/t_b - \xi_s^{\min} \geq 0; \quad \xi_s^{\max} - s_3/t_b \geq 0; \quad \xi_s^{\max} - s_1/s_2; \quad s_2/s_1 - \xi_s^{\min}; \quad \xi_s^{\max} - s_2/s_3; \\ s_3/s_2 - \xi_s^{\min}; \quad s_1 - 3\delta_1 \geq 0; \quad s_2 - 3\delta_2 \geq 0; \quad s_3 - 3\delta_3 \geq 0; \quad \psi_{st} - t_h/t_{b1} \geq 0; \quad \psi_{st} - t_h/t_{e1} \geq 0 \\ ; \quad \psi_{st} - t_f/t_{b2} \geq 0; \quad \psi_{st} - t_f/t_{e2} \geq 0; \quad \psi_{st} - t_d/t_{b2} \geq 0; \quad \psi_{st} - t_d/t_{e2} \geq 0; \quad \delta_1 - \delta_{\min} \geq 0; \\ \delta_2 - \delta_{\min} \geq 0; \quad \delta_3 - \delta_{\min} \geq 0, \end{aligned}$$

– условия обеспечения требуемых размеров рабочей зоны манипуляционной системы:

$$\begin{aligned} (L_2 + L_3) \cos q_{20} - R_{\max} \geq 0; \quad Y_{\min} - L_1 - L_2 \sin q_{20} + L_3 \cos(q_{20} + q_{30}) \geq 0; \\ R_{\min} - L_2 \cos(q_{20} + \Delta q_2) - L_3 \sin(q_{20} + q_{30} + \Delta q_2 + \Delta q_3) \geq 0; \\ L_1 + L_2 \sin(q_{20} + \Delta q_2) - L_3 \cos(q_{20} + q_{30} + \Delta q_2 + \Delta q_3) - Y_{\max} \geq 0, \end{aligned}$$

– возможность подбора объемного насоса, выпускаемого промышленностью:

$$P_n - P_{n,\min} \geq 0; \quad P_{n,\max} - P_n \geq 0; \quad Q_{n,\max} - \pi(D_{cy2}^2 v_{cy2,\max} + D_{cy3}^2 v_{cy3,\max})/4 \geq 0,$$

– возможность обеспечения требуемых тягового усилия, мощности, плавности хода и прочности корпуса силовых гидроцилиндров:

$$\begin{aligned} \pi D_{ци}^2 p_n / 4 - U_{ци}^{\max} &\geq 0; \quad D_{ци} - \Delta L_{ци} / 18 \geq 0; \quad \pi p_n D_{ци}^2 v_{ци3, \max} / 4 - L_3 (G_n + g M_{s3l}) \dot{q}_3 \geq 0; \\ \pi p_n D_{ци}^2 v_{ци2, \max} / 4 - [L_2 (G_n + g M_{s3l} + g M_{s2} / 2) + L_3 (G_n + g M_{s3l} / 2)] \dot{q}_2 &\geq 0; \\ \delta_{ци2} - \delta_{ци, \min} &\geq 0; \quad \delta_{ци3} - \delta_{ци, \min} \geq 0, \end{aligned}$$

– возможность подбора стандартизованного гидроцилиндра:

$$\begin{aligned} p_{ци, \max} - p_n &\geq 0; \quad D_{ци, \max} - D_{ци} \geq 0; \quad \Delta L_{ци, \max} - \Delta L_{ци} \geq 0; \\ V_{ци, \max} - v_{ци, \max} (\dot{q}_i) &\geq 0; \quad U_{ци, \max} - U_{ци}^{\max} \geq 0, \end{aligned}$$

– условия изгибной прочности характерных сечений звеньев манипуляционной системы:

$$\begin{aligned} [\sigma] - 6t_{b1} M_{01}^{\max} / [s_1 t_{b1}^3 - (s_1 - 2\delta_1)(t_{b1} - 2\delta_1)^3]; \quad [\sigma] - 6t_h M_h^{\max} / [s_1 t_h^3 - (s_1 - 2\delta_1)(t_h - 2\delta_1)^3]; \\ [\sigma] - 6t_d M_d^{\max} / [s_2 t_d^3 - (s_2 - 2\delta_2)(t_d - 2\delta_2)^3]; \quad [\sigma] - 6t_f M_f^{\max} / [s_2 t_f^3 - (s_2 - 2\delta_2)(t_f - 2\delta_2)^3]; \\ [\sigma] - 6t_{b3} M_{23}^{\max} / [s_3 t_{b3}^3 - (s_3 - 2\delta_3)(t_{b3} - 2\delta_3)^3] \geq 0, \end{aligned}$$

– условия прочности характерных сечений звеньев КМУ при действии поперечной силы:

$$\begin{aligned} [\tau] - 0,75 \zeta_{f3} G_n / [\delta_3 (t_{e3} + s_3 - 2\delta_3)] \geq 0; \quad [\tau] - 0,75 Q_b^{\max} / [\delta_3 (t_b + s_3 - 2\delta_3)] \geq 0; \\ [\tau] - 0,75 Q_{23}^{\max} / [\delta_3 (t_{e3} + s_3 - 2\delta_3)] \geq 0; \quad [\tau] - 0,75 Q_{23}^{\max} / [\delta_2 (t_{e2} + s_2 - 2\delta_2)] \geq 0; \\ [\tau] - 0,75 Q_f^{\max} / [\delta_2 (t_f + s_2 - 2\delta_2)] \geq 0; \quad [\tau] - 0,75 Q_{12}^{\max} / [\delta_2 (t_{b2} + s_2 - 2\delta_2)] \geq 0; \\ [\tau] - 0,75 Q_{12}^{\max} / [\delta_1 (t_{e1} + s_1 - 2\delta_1)] \geq 0, \end{aligned}$$

– условия прочности характерных сечений звена 1 при действии продольной силы:

$$[\sigma] - 0,5 N_{01} / [\delta_1 (t_{b1} + s_1 - 2\delta_1)]; \quad [\sigma] - 0,5 N_{12} / [\delta_1 (t_{e1} + s_1 - 2\delta_1)],$$

– условие обеспечения устойчивости звена 1 при действии продольной сжимающей нагрузки с внецентренным изгибом:

$$2\varphi_e [\sigma] \delta_1 (t_{b1} + s_1 - 2\delta_1) - N_{01} \geq 0,$$

где $\xi_s^{\min}, \xi_s^{\max}$ – минимальное и максимальное отношение ширины и высоты поперечного сечения звена; $\zeta_s^{\min}, \zeta_s^{\max}$ – минимальное и максимальное отношение ширины поперечного сечения смежных звеньев; ψ_s – коэффициент допустимого усиления поперечного сечения звена в месте крепления гидроцилиндра; δ_{\min} – минимально допустимая толщина стенки звена; R_{\max}, R_{\min} – максимальный и минимальный вылет КМУ; Y_{\max}, Y_{\min} – максимальная и минимальная высота подъема КМУ; $p_{n, \min} (p_{n, \max}), Q_{n, \max}$ – минималь-

ное (максимальное) давление на выходе и максимальная объемная подача насосов, выпускаемых промышленностью; $D_{ци, \max}, \Delta L_{ци, \max}, U_{ци, \max}, V_{ци, \max}$ – максимальные диаметр, ход, тяговое усилие и скорость штока стандартизованных гидроцилиндров; $U_{ци}$ – наибольшее тяговое усилие, которое должен развивать i -й гидроцилиндр [9]; G_n – номинальная грузоподъемность КМУ; $M_j^{\max}, Q_j^{\max}, N_j$ – максимальные значения изгибающих моментов, перерезывающих и продольных сил в j -м сечении КМУ [9, 12]; $[\sigma], [\tau]$ – допустимые нормальные и каса-

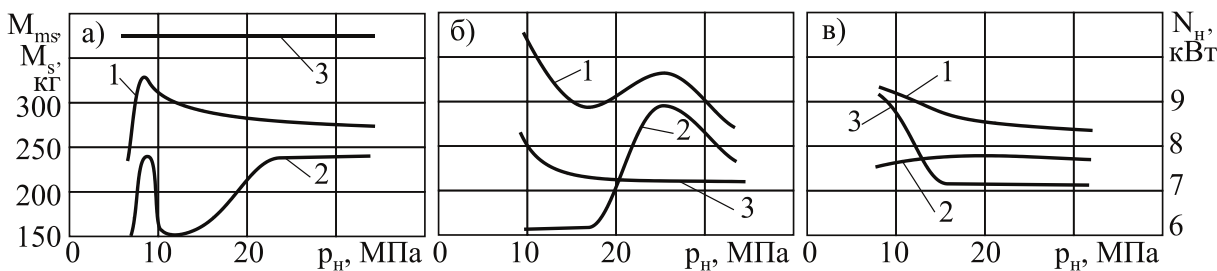


Рис. 2. Зависимость параметров оптимизированной КМУ от рабочего давления в гидросистеме p_n : а – оптимизация массы КМУ; б – оптимизация мощности гидропривода; в – многокритериальная оптимизация (1 – масса КМУ M_{ms} ; 2 – масса звеньев КМУ M_s ; 3 – мощность гидропривода N_n)

тельные напряжения для материала звеньев; φ_e – коэффициент устойчивости при сжатии с изгибом.

Задачи однокритериальной оптимизации показателей качества M_{ms} и N_n для i -го варианта исполнения КМУ, результаты решения которых необходимы для формирования целевой функции многокритериальной оптимизации вида (3), представляют собой минимизацию следующих целевых функций на основе соотношений (1) и (2):

$$U_{Mi}(\{x\}_{Mi}, \{z\}_{Mi}) \equiv M_{msi}(\{x\}_{Mi}, \{z\}_{Mi}) \rightarrow \min,$$

$$U_{Ni}(\{x\}_{Ni}, \{z\}_{Ni}) \equiv N_{ni}(\{x\}_{Ni}, \{z\}_{Ni}) \rightarrow \min$$

и нахождения в точке их оптимума векторов управляемых параметров $\{x\}_{Mi}^{opt}$ и $\{x\}_{Ni}^{opt}$.

Структура векторов $\{x\}_{Mi}$, $\{x\}_{Ni}$ и системы ограничений, используемых при минимизации данных целевых функций, совпадают со структурой вектора управляемых параметров $\{x\}_i$ и ограничениями многокритериальной оптимизации.

Предложенная методика оптимального проектирования трехзвенных КМУ была апробирована применительно к оптимизации КМУ мобильной энергетической машины АСТ-4-А [13]. Результаты ее одно- и многокритериальной оптимизации с использованием метода типа Хука-Дживса [14] приведены на рис. 2. Внешний вид оптимизированной КМУ мобильной машины АСТ-4-А (в масштабе 1:75) при $p_n = 16$ МПа показан на рис. 3.

ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов показывает, что однокритериальная оптимизация,

эффективно обеспечивая минимизацию одного показателя качества КМУ, приводит к существенному ухудшению другого показателя качества (рис. 2, а, б). С помощью многокритериальной оптимизации возможно получение такой оптимальной конструкции КМУ, которая одновременно обеспечивает значения M_{ms} и N_n равными своим минимальным значениям после соответствующей однокритериальной оптимизации (рис. 2, в). По сравнению с существующей конструкцией КМУ оптимальная конструкция характеризуется существенно улучшенными показателями качества: масса КМУ составляет 285 кг против 454 кг у существующей конструкции, мощность гидропривода – 7,1 кВт против 7,9 кВт. Также было установлено, что предложенная для проведения многокритериальной оптимизации комплексная целевая функция (1) имеет благоприятную структуру, так как обеспечивает устойчивость результата оптимизации в широком диапазоне взаимного сочетания весовых коэффициентов w_1 и w_2 .

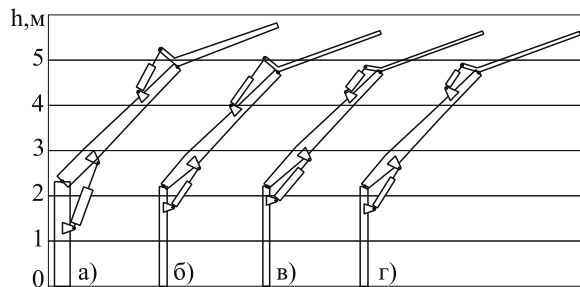


Рис. 3. Результаты оптимизации: а – исходная конструкция; б – оптимизация по массе КМУ; в – оптимизация по мощности гидропривода; г – многокритериальная оптимизация при $w_1 = w_2 = 0,5$

В целом, можно говорить о том, что пред-

ложенная методика оптимального проектирования КМУ мобильных машин позволяет достаточно эффективно выявлять резервы повышения показателей качества проектируемых и эксплуатируемых конструкций, обеспечивая получение высоких показателей их экономичности и энергоэффективности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кобзев, А.П. Оптимальное проектирование тяжелых козловых кранов / А.П. Кобзев. – Саратов: СГУ, 1991. – 160 с.
2. Лагерев, Э.А. Научные проблемы проектирования гидравлических крано-манипуляторных установок мобильных транспортно-технологических машин / Э.А. Лагерев // Достижения вузовской науки. – 2015. - № 14. – С. 101-106.
3. Беляков, В.В. Многокритериальная оптимизация в задачах подвижности, конкурентоспособности автотракторной техники и диагностики сложных технических систем / В.В. Беляков, М.Е. Бушуева, В.И. Сагунов. – Н. Новгород: НГТУ. – 2001. – 271 с.
4. Лагерев, И.А. Проектирование поворотных гидродвигателей для манипуляционных систем мобильных машин на основе многокритериальной оптимизации / И.А. Лагерев, Е.А. Шатунова // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2016. - № 4. – С. 34-51. DOI: 10.22281/2413-9920-2016-02-04-34-51.
5. Автоматизированное проектирование машиностроительного гидропривода / Под общ. ред. С.А. Ермакова. – М.: Машиностроение, 1988. – 312 с.
6. Вершинский, А.В. Строительная механика и металлические конструкции / А.В. Вершинский, М.М. Гохберг, В.П. Семенов. – Л.: Машиностроение, 1984. – 231 с.
7. Демокритов, В.Н. Оптимальное проектирование крановых мостов / В.Н. Демокритов. – Ульяновск: Приволж. кн. изд-во, 1978. – 108 с.
8. Кобзев, Р.А. Выбор метода оптимального проектирования металлических конструкций козловых кранов высоких классов ответственности / Р.А. Кобзев // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. - № 4. – С. 48-52.
9. Лагерев, И.А. Динамика трехзвенных гидравлических кранов-манипуляторов / И.А. Лагерев, А.В. Лагерев. – Брянск: БГТУ, 2012. – 196 с.
10. Свешников, В.К. Станочные гидроприводы: справочник / В.К. Свешников. – М.: Машиностроение, 2008. – 640 с.
11. Хорошев, А.Н. Введение в управление проектированием механических систем. - Белгород, 1999. - 372 с.
12. Lagerev, A.V. Preliminary Dynamics and Stress Analysis of Articulating Non-Telescoping Boom Cranes Using Finite Element Method / A.V. Lagerev, I.A. Lagerev, A.A. Milto // Int. Review on Modelling and Simulations. – 2015. – Vol. 8. - № 2.- P. 223-226.
13. Лагерев, И.А. Моделирование рабочих процессов манипуляционных систем мобильных многоцелевых транспортно-технологических машин и комплексов / И.А. Лагерев. – Брянск: РИО БГУ, 2016. – 371 с.
14. Reklaitis G.V., Ravindran A., Ragsdell K.M. Engineering optimization. Methods and applications. John Wiley & Sons, Inc., 1983.

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION OF THE MAIN DESIGN PARAMETERS OF THE HYDRAULIC CRANE-MANIPULATOR INSTALLATIONS OF MOBILE MACHINES

I.A. Lagerev, A.V. Lagerev

Abstract. *Presents a methodology for optimal design of crane-manipulator installations of mobile transport technological machines at the pre-design stage of development of the technical proposal. Pre-design optimization allows to comprehensively determine the optimum combination of a sufficiently large number of basic design parameters – the characteristic dimensions of metal structures of installation (lengths and dimensions of cross sections, links, and mounting dimensions for hydraulic cylinders) and characteristics of the hydraulic system (working pressure and flow rate of the working fluid).*

Keywords: *mobile machine, crane-manipulator installation, multi-objective optimization, the weight of the structure, working pressure*

REFERENCES

1. Kobzev A.P. Optimalnoe proektirovanie

tyazhelykh kozlovykh kranov [Optimal design of heavy gantry cranes]. Saratov, SGU, 1991. 160 p.

2. Lagereva E.A. The scientific problem of designing hydraulic crane-manipulating installations of mobile transport technological machines. *Dostizheniya vuzovskoy nauki*, 2015, No.14, pp. 101-106.

3. Belyakov V.V., Bushueva M.E., Sagunov V.I. *Mnogokriterialnaya optimizatsiya v zadachakh podvizhnosti, konkurentosposobnosti avtotraktornoy tekhniki i diagnostiki slozhnykh tekhnicheskikh system* [Multicriterial optimization in problems of mobility, the competitiveness of automotive engineering and diagnostics of complex technical systems]. N.Novgorod, NGTU, 2001. 271 p.

4. Lagerev I.A., Shatunova E.A. Design of turning hydraulic engines for manipulators of mobile machines on the basis of multicriterial optimization. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, No. 4, pp. 34-51. DOI: 10.22281/2413-9920-2016-02-04-34-51

5. Bazhin I.I., Berengard Yu.G., Gaytsgori M.M., Ermakov S.A., Klaptsova T.S., Kudinov A.V., Chkalov V.V. *Avtomatizirovannoe proektirovanie mashinostroitelnogo gidroprivoda* [Computer-aided design of machinery hydraulic drive]. Moscow, Mashinostroenie, 1988. 312 p.

6. Vershinskiy A.V., Gokhberg M.M., Semenov A.V. *Stroitel'naya mekhanika i metallicheskie konstruksii* [Structural mechanics and metal constructions]. Leningrad, Mashinostroenie, 1984. 231 p.

7. Demokritov V.N. *Optimalnoe proektirovanie kranovykh mostov* [Optimal design of crane bridges]. Ulyanovsk, Privolzhskoe knizhnoe izdatelstvo, 1978. 108 p.

8. Kobzev R.A. The choice of method for optimal design of metal structures of gantry cranes with a high grade of responsibility. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*, 2012, No. 4, pp. 48-52.

9. Lagerev I.A., Lagerev A.V. *Dinamika tryekhzvennykh gidravlicheskh kranov-manipulatorov* [Dynamics three-tier hydraulic crane-manipulators]. Bryansk, Bryanskiy Gosudarstvennyy Tekhnicheskii Universitet, 2012. 196 p.

10. Sveshnikov V.K. *Stanochnye gidroprivody* [Hydraulic machine]. Moscow, Mashinostroenie,

2008. 640 p.

11. Khoroshev A.N. *Vvedenie v upravlenie proektirovaniem mekhanicheskikh system* [Introduction to control of mechanical systems design]. Belgorod, 1999. 372 p.

12. Lagerev A.V., Lagerev I.A., Milto A.A. Preliminary Dynamics and Stress Analysis of Articulating Non-Telescoping Boom Cranes using Finite Element Method. *International Review on Modelling and Simulations*, 2015, Vol. 8, No. 2. pp. 223–226.

13. Lagerev I.A. *Modelirovanie rabochikh protsessov manipulyatsionnykh sistem mobilnykh mnogotselevykh transportno-tekhnologicheskikh mashin i kompleksov* [Modeling of work processes in manipulation systems for mobile multi-purpose transport and technological machines and complexes]. Bryansk, RIO BGU, 2016. 371 p.

14. Reklaitis G.V., Ravindran A., Ragsdell K.M. *Engineering optimization. Methods and applications*. John Wiley & Sons, Inc., 1983.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лагереv Игорь Александрович (Брянск, Россия) – кандидат технических наук, проректор по инновационной работе ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» (241036, Брянск, ул. Бежицкая, д. 14, e-mail: lagerev-bgu@yandex.ru).

Igor A. Lagerev (Bryansk, Russian Federation) – Candidate of Technical Sciences, Vice rector for Innovations, Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University (241036, Bryansk, Bezhitskaya st., 14, e-mail: lagerev-bgu@yandex.ru).

Лагереv Александр Валерьевич (Брянск, Россия) – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе НИИ фундаментальных и прикладных исследований ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» (241036, Брянск, ул. Бежицкая, д. 14, e-mail: bsu-avl@yandex.ru).

Alexander V. Lagerev (Bryansk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice director, Research Institute of Fundamental and Applied Research at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University (241036, Bryansk, Bezhitskaya st., 14, e-mail: bsu-avl@yandex.ru).

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

УДК 656.13

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СОВОКУПНОСТИ МИКРОСИСТЕМ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

*Е.Е. Витвицкий, Е.С. Федосеевкова
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия*

Аннотация. В статье проверены на соответствие современной практике представления теории грузовых автомобильных перевозок о влиянии времени простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ на результаты функционирования автотранспортных средств в совокупности микро автотранспортных системах. Решение задачи представлено на примере перевозок железобетонных изделий с завода в городе подвижным составом общего пользования. Расчетным путем установлены зависимости результатов функционирования совокупности микро автотранспортных систем от изменения фактора.

Ключевые слова: зависимости, совокупность микро автотранспортных систем перевозок грузов.

ВВЕДЕНИЕ

Реформирование отечественной экономики, усиление конкуренции в сфере предоставления транспортных услуг, усилили значение качественных критериев оценки его работы [1, 2, 3, 4, 5 и др.], а также обусловили существенные изменения в ежедневной практике перевозок грузов автомобилями в городах, являющиеся основаниями для совершенствования теоретических представлений.

В составе грузового автомобильного транспорта имеется транспорт общего пользования, осуществляющий свою деятельность на основании договора на перевозку груза. Этот вид, выделяемый в составе грузового автомобильного транспорта, осуществляет свою деятельность на основании договоров на перевозку грузов «по обращению любого гражданина или юридического лица» (статья 789 Гражданского кодекса Российской Федерации).

Представления теории грузовых автомо-

бильных перевозок о влиянии времени простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ на выработку автотранспортных средств (АТС) рассмотрены в источниках [1, 6 и др.]. Актуальность и необходимость знания о фактических зависимостях влияния технико-эксплуатационных показателей (ТЭП) на результаты функционирования обусловлены практической потребностью решения задачи управления перевозками грузов, в том числе в городах. Положения теории и практики обуславливают необходимость того, что организатор перевозок заблаговременно должен знать влияние отдельных ТЭП на результаты перевозок грузов, для минимизации отрицательных последствий принимаемых решений.

В настоящей статье представим одно из возможных решений о влиянии времени простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ на выработку АТС в совокупности микро автотранспортных систем перевозок грузов (АТСПГ) применительно для транспорта общего пользования.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СОВОКУПНОСТИ МИКРОСИСТЕМ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

В работе [7] авторами установлено, что практика перевозок в городах железобетонных изделий с завода может быть организована как совокупность нескольких микро АТСПГ. При этом технологическая схема перевозок будет представлять собой несколько маятниковых маршрутов с обратным не груженым пробегом, на каждом из которых изолированно работает одно АТС, а время ожидания грузовых работ равно нулю. Расписание работы АТС в совокупности микро АТСПГ не требуется, т.к. нет взаимодействия АТС между собой.

Практические исследования в период с сентября 2015 по апрель 2016 года практики перевозок железобетонных изделий ЗАО «ЗСЖБ №6» в городе Омске автотранспортными средствами ООО «АТП-6» на условиях договора [10 и др.], позволили установить, что наблюдается перевозка массовых строительных грузов (плиты перекрытий, сваи, стеновые панели и др.) АТС общего пользования от одного грузоотправителя с разных постов погрузки, на нескольких маятниковых маршрутах с обратным не груженым пробегом, на каждом из которых единица АТС работает изолированно. Данная практическая ситуация получила наименование – совокупность микро АТСПГ [7].

Выполнено исследование влияния времени простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ на результаты функционирования совокупности микро АТСПГ, при

следующих исходных данных: для упрощения расчетов принимаем, что в данную смену перевозится одинаковый груз [8]; время функционирования совокупности микро АТСПГ – 8 часов (примем, что продолжительность работы всех грузовых пунктов одинакова); фактическая загрузка АТС – 11,92 тонн, при использовании автопоезда в составе тягача КамАЗ 5410 + полуприцепа ОДА3-9370, грузоподъемностью 12 тонн; средняя техническая скорость (для АТС грузоподъемностью свыше 7 тонн) – 24 км/ч [9]. Для расчета принято расстояние перевозок грузов, по результатам наблюдений [10], в адрес трех строительных объектов, находившихся на расстояниях 18,74 км; 15,87 км; 15,34 км; 14,18 км и 10,35 км.

Согласно [1], в микро АТСПГ, АТС может выполнять как одну, так и несколько ездки, поэтому минимальный плановый объем перевозок груза $Q_{пл}$ равен 1 езде, максимальный плановый объем перевозок груза равен максимальной провозной способности АТС за плановое время в наряде.

При первом варианте плана перевозок в пяти микро АТСПГ выполняется минимальное количество оборотов (один). При втором варианте плана перевозок в трех микро АТСПГ выполняется минимальное количество оборотов (один), в двух микро АТСПГ выполняется максимальное количество оборотов. При третьем варианте плана перевозок в двух микро АТСПГ выполняется минимальное количество оборотов (один), в трех микро АТСПГ выполняется максимальное количество оборотов. При четвертом варианте плана перевозок в каждой из пяти микро АТСПГ выполняется максимальное возможное количество оборотов. Плановый объем перевозок груза ($Q_{пл}$) принимаем, как показано в таблице 1.

Таблица 1
ПЛАНОВЫЙ ОБЪЕМ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗА

№ авто (микро АТСПГ)	Плановый объем перевозок груза ($Q_{пл}$)			
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
1	min	min	max	max
2	min	max	min	max
3	min	min	max	max
4	min	max	min	max
5	min	min	max	max

где: *min* – минимальный объем перевозок в микро АТСПГ, равный $q \cdot \gamma$; *max* – максимальный объем перевозок в микро АТСПГ, равный $q \cdot \gamma \cdot Z_e$.

Приведем пример расчета для первой микро АТСПГ из совокупности четвертого варианта планового объема перевозок с использованием модели микро АТСПГ [1] и при $t_{пв} = 1,0$ ч.

Длина маршрута, км,

$$l_m = 18,74 + 18,74 = 37,48.$$

Время ездки (оборота) автомобиля на маршруте, ч,

$$t_{e,o} = \frac{37,48}{24} + 1 = 2,56.$$

Выработка в тоннах за ездку (оборот)

$$Q_{e,o} = 11,92.$$

Выработка в тонно-километрах за ездку (оборот)

$$P_{e,o} = 11,92 \cdot 18,74 = 223,38.$$

Общее количество ездок выполненное автомобилем, ед.,

$$Z_e = \left[\frac{8}{2,56} \right] + 0 = 3.$$

Время работы на маршрутах, ч,

$$T_M = 8 - 0 = 8.$$

Остаток времени работы на маршрутах после выполнения целого числа ездок, ч,

$$\Delta T_M = 8 - \left[\frac{8}{2,56} \right] \cdot 2,56 = 0,32.$$

Время ездки необходимое $t_{ен} = (l_r/V_T) + t_{пв} = 0,78 + 1 = 1,78$ ч., в нашем случае $0,32 < 1,78$, поэтому АТ С может выполнить 3 ездки.

Выработка автомобиля в тоннах за смену (день) (Q_d)

$$Q_d = 3 \cdot 11,92 = 35,76.$$

Выработка автомобиля в тонно-километрах за смену (день) (P_d)

$$P_d = 35,76 \cdot 18,74 = 670,14.$$

Общий пробег автомобиля за смену (день) (Лобщ), км,

$$L_{общ} = 0 + 37,48 \cdot 3 + 18,74 \cdot 18,74 = 112,44.$$

Время в наряде фактическое, ч,

$$T_{нф} = \frac{112,44}{24} + 3 \cdot 1 = 7,69.$$

Для других значений времени простоя АТС при выполнении погрузо-разгрузочных работ, микро АТСПГ совокупности и вариантов планового объема перевозок расчеты выполнены

Таблица 2
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА РАБОТЫ АТС В СОВОКУПНОСТИ МИКРО АТСПГ
ПРИ ПЕРВОМ ВАРИАНТЕ ПЛАНОВОГО ОБЪЕМА ПЕРЕВОЗОК (см. табл.1)

$t_{пв}, ч$	Выработка АТС в совокупности микро АТСПГ в тоннах за смену	Выработка АТС в совокупности микро АТСПГ в тонно-километрах за смену	Общий пробег АТС в совокупности микро АТСПГ за смену, км	Время в наряде АТС фактическое в совокупности микро АТСПГ, ч	Аэ, ед.
1,0	59,6	887,80	148,96	11,21	5
0,9	59,6	887,80	148,96	10,71	5
0,8	59,6	887,80	148,96	10,21	5
0,7	59,6	887,80	148,96	9,71	5
0,6	59,6	887,80	148,96	9,21	5
0,5	59,6	887,80	148,96	8,71	5
0,4	59,6	887,80	148,96	8,21	5
0,3	59,6	887,80	148,96	7,71	5

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

Таблица 3
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА РАБОТЫ АТС В СОВОКУПНОСТИ МИКРО АТСПГ
ПРИ ВТОРОМ ВАРИАНТЕ ПЛАНОВОГО ОБЪЕМА ПЕРЕВОЗОК (см. табл.1)

$t_{пв, ч}$	Выработка АТС в совокупности микро АТСПГ в тоннах за смену	Выработка АТС в совокупности микро АТСПГ в тонно-километрах за смену	Общий пробег АТС в совокупности микро АТСПГ за смену, км	Время в наряде АТС фактическое в совокупности микро АТСПГ, ч	Аэ, ед.
1,0	107,28	1604,19	269,16	20,22	5
0,9	119,20	1773,22	297,52	21,40	5
0,8	131,12	1962,39	329,26	22,52	5
0,7	131,12	1962,39	329,26	21,42	5
0,6	131,12	1962,39	329,26	20,32	5
0,5	143,04	2131,42	357,62	20,90	5
0,4	154,96	2320,59	389,36	21,42	5
0,3	154,96	2320,59	389,36	20,12	5

Таблица 4
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА РАБОТЫ АТС В СОВОКУПНОСТИ МИКРО АТСПГ
ПРИ ТРЕТЬЕМ ВАРИАНТЕ ПЛАНОВОГО ОБЪЕМА ПЕРЕВОЗОК (см. табл.1)

$t_{пв, ч}$	Выработка АТС в совокупности микро АТСПГ в тоннах за смену	Выработка АТС в совокупности микро АТСПГ в тонно-километрах за смену	Общий пробег АТС в совокупности микро АТСПГ за смену, км	Время в наряде АТС фактическое в совокупности микро АТСПГ, ч	Аэ, ед.
1,0	143,04	2070,38	347,38	26,47	5
0,9	143,04	2070,38	347,38	25,27	5
0,8	166,88	2376,61	398,76	27,82	5
0,7	166,88	2376,61	398,76	26,42	5
0,6	178,80	2599,99	436,24	27,18	5
0,5	190,72	2723,36	456,94	27,04	5
0,4	202,64	2906,22	487,62	27,12	5
0,3	214,56	3029,59	508,32	26,58	5

Таблица 5
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА РАБОТЫ АТС В СОВОКУПНОСТИ МИКРО АТСПГ
ПРИ ЧЕТВЕРТОМ ВАРИАНТЕ ПЛАНОВОГО ОБЪЕМА ПЕРЕВОЗОК (см. табл.1)

$t_{пв, ч}$	Выработка АТС в совокупности микро АТСПГ в тоннах за смену	Выработка АТС в совокупности микро АТСПГ в тонно-километрах за смену	Общий пробег АТС в совокупности микро АТСПГ за смену, км	Время в наряде АТС фактическое в совокупности микро АТСПГ, ч	Аэ, ед.
1,0	190,72	2786,78	467,58	35,48	5
0,9	202,64	2955,80	495,94	35,96	5
0,8	238,40	3451,20	579,06	40,13	5
0,7	238,40	3451,20	579,06	38,13	5
0,6	250,32	3674,58	616,54	38,29	5
0,5	250,32	3674,58	616,54	36,19	5
0,4	298,00	4339,00	728,02	40,33	5
0,3	309,92	4462,37	748,72	39,00	5

аналогично. Результаты работы АТС в совокупности микро АТСПГ определены, как сумма результатов работы отдельных АТС в микро АТСПГ и представлены в таблицах 2-5.

Выработка в тоннах ($Q_{\Sigma \text{микро}}$) в совокупности микро АТСПГ

$$Q_{\Sigma \text{микро}} = 35,76 + 35,76 + 35,76 + 35,76 + \\ + 47,68 = 190,72 .$$

Выработка в тонно-километрах ($P_{\Sigma \text{микро}}$)

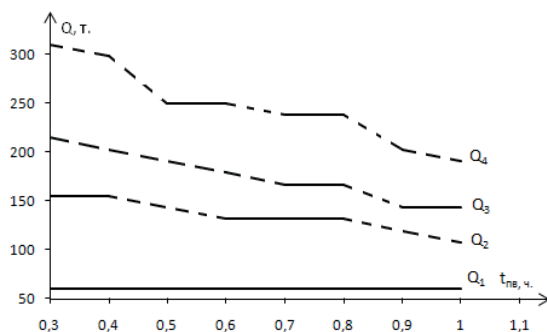
$$P_{\Sigma \text{микро}} = 370,14 + 567,51 + 548,56 + \\ + 507,08 + 493,49 = 2786,78 .$$

По данным таблиц 2-5 построены зависимости влияния времени простоя АТС при выполнении погрузочно-разгрузочных работ на результаты функционирования, как совокупности микро АТСПГ, так и отдельного АТС, рисунки 1-5.

Характер полученных зависимостей обусловлен дискретностью транспортного процесса и проявляется в скачкообразном изменении исследуемых функций, где пунктирной линией обозначен скачок выполняемого числа ездов (как минимум на одну).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам расчетов и построений допустимо сделать выводы:



где: Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 – соответственно первый (второй и т.д.) план перевозок грузов (см. табл. 1).

1. Зависимость выработки группы автотранспортных средств в тоннах и тонно-километрах в совокупности микро автотранспортных систем при снижении времени простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ описывается разрывной линейной функцией, отдельные отрезки которой параллельны оси абсцисс (рис. 1), за исключением случая минимального плана перевозок (первый вариант), когда зависимость выработки группы автотранспортных средств в тоннах и тонно-километрах в совокупности микро автотранспортных систем описывается линейной функцией, параллельной оси абсцисс.

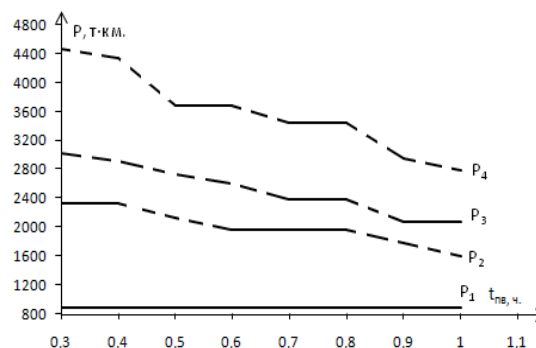
2. Для всех планов перевозок грузов в совокупности микро автотранспортных систем, кроме минимального, наблюдаются значительные интервалы снижения времени простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ, не сопровождающиеся изменениями выработки группы автотранспортных средств в тоннах и тонно-километрах.

Это позволяет утверждать о наличии рациональных (разумных) значений времени простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ (т.е. достаточных для выполнения плана перевозок). На примере второго плана перевозок грузов (таблица 3):

- для плана перевозок грузов, равным 107,28 тонн, рациональным является время простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ равное 1,0 ч;

- для плана перевозок грузов, равным 119,20 тонн, рациональным является время простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ равное 0,9 ч;

- для плана перевозок грузов, равным



где: P_1, P_2, P_3, P_4 – соответственно первый (второй и т.д.) план перевозок грузов (см. табл. 1).

Рис. 1. Зависимости выработки в тоннах и тонно-километрах группы АТС в совокупности микро АТСПГ от снижения времени простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ

131,12 тонн, рациональным является время простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ равное 0,8 ч;

- для плана перевозок грузов, равным 143,04 тонн, рациональным является время простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ равное 0,5 ч;

- для плана перевозок грузов, равным 154,96 тонн, рациональным является время простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ равное 1,0 ч;

Другие значения времени простоя при выполнении погрузо-разгрузочных работ являются не рациональными, поскольку увеличенные затраты на их достижение не сопровождаются увеличением выработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Николин, В.И. Научные основы совершенствования теории грузовых автомобильных перевозок: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.10 / Николин Владимир Ильич. – М., 2000. – 343 с.

2. Рассоха, В.И. Ситуационное управление автотранспортными системами. Часть 1. Системная эффективность эксплуатации автомобильного транспорта / В.И. Рассоха // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 9. – С. 148-153.

3. Рассоха, В.И. Повышение эффективности эксплуатации автомобильного транспорта на основе разработанных научно-технических, технологических и управленческих решений: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.10 / Рассоха Владимир Иванович. – Оренбург, 2010. – 400 с.

4. Connecting to Compete 2014. Trade Logistics in the Global Economy: The Logistics Performance Index and Its Indicators. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://lpi.worldbank.org/international/global> - Загл. с экрана.

5. Lukinskiy V., Vladislav L. Analysis of the logistics intermediaries choice methods in the supply chains // Transport and Telecommunication. – 2015. – Vol. 16 - № 4. – pp. 288-295.

6. Ловыгина, Н.В. Оптимизация планирования перевозок грузов помашинными отправлениями с учетом влияния вероятностных факторов: дис. ... канд.тех.наук: 05.22.10 / Ловыгина Надежда Васильевна. Тюмень, 2010. – 161 с.

7. Витвицкий, Е.Е. Средняя автотранспортная система перевозок грузов в городах / Е.Е. Витвицкий, Е.С. Федосееенкова // Развитие теории и практики автомобильных перевозок, транспортной логистики [Электронный ресурс] : сб. научн. тр. каф. «Организация перевозок и управление на транспорте» в рамках междунар. научн.-практ. конф. «Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, новации», 7-9.12.2016 г. ред. Е.Е. Витвицкий. – Омск : СибАДИ, 2016. – С. 191-194.

8. Одинцов, Д.Г. Транспортное обеспечение строительных потоков: монография / Д.Г. Одинцов, В.А. Невьянцев. – М.: Стройиздат, 1992. – 337 с.

9. Единые нормы времени на перевозку грузов автомобильным транспортом и сдельные расценки для оплаты труда водителям. – М.: Экономика, 1988. – 40 с.

10. Витвицкий, Е.Е. Идентификация результатов исследования практики перевозок грузов подвижным составом ООО «АТП-6» в городе Омске / Витвицкий, Е.Е., Е.С. Федосееенкова // «Альтернативные источники энергии в транспортно-техническом комплексе. Проблемы и перспективы рационального использования», том 3 выпуск 1(4): сб. науч. тр. – ФГБОУ ВП «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» Омск, 2014. – С. 484-488.

INFLUENCE OF LOADING AND UN LOADING TIME ON FUNCTIONING COMPLEX OF MICROSYSTEMS IN TRANSIT FREIGHTS PUBLIC MOTOR TRANSPORT

E.E. Vitvitskiy, E.S. Fedoseenkova

Abstract. *In the article, they were tested for compliance with the modern practice of representing the theory of freight road transport on the effect of downtime when performing loading and unloading operations for the production of motor vehicles. The solution of the problem is represented by the example of transportation of reinforced concrete products from a plant in the city in the aggregate of micro motor transport systems by rolling stock of general use. Calculated by the dependence of the output in tons and ton-kilometers for the totality of micro motor transport systems.*

Keywords: *Influence, production capacity, several micro auto transportation systems.*

REFERENCES

1. Nikolin V.I. Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya teorii gruzovyh avtomobil'nyh perevozok [Scientific bases of perfection of the theory of road freight transport: the dissertation on competition of a scientific degree of doctor of technical Sciences]. Doctor's thesis. Moscow, 2000, 343 p.
2. Rassoha V.I. Situacionnoe upravlenie avtotransportnymi sistemami. Chast' 1. Sistemnaja jeffektivnost' jekspluatacii avtomobil'nogo transporta [Situational management of motor transportation systems. Part 1. System efficiency motor transport operation]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2009, no 9, pp 148-153.
3. Rassoha V.I. Povyshenie jeffektivnosti jekspluatacii avtomobil'nogo transporta na osnove razrabotannyh nauchno-tehnicheskikh, tehnologicheskikh i upravlencheskikh reshenij [Increase of efficiency of motor transport operation on the basis of scientific thesis for the degree of doctor of technical Sciences] Doctor's thesis. Orenburg, 2010, 400 p.
4. Connecting to Compete 2014. Trade Logistics in the Global Economy: The Logistics Performance Index and Its Indicators. Retrieved from <http://lpi.worldbank.org/international/global>
5. Lukinskiy V. Vladislav L. Analysis of the logistics intermediaries choice methods in the supply chains [Analysis of the logistics intermediaries choice methods in the supply chains]. Transport and Telecommunication, 2015, Vol. 16, no 4, pp. 288-295.
6. Lovygina, N.V. Optimization of the planning of cargo transportation by machine-made shipments taking into account the influence of probabilistic factors [Optimizacija planirovaniya perevozok gruzov pomashinnymi otpravkami s uchetom vlijaniya verojatnostnyh faktorov] candidate's thesis. Tyumen, 2010. – 161 p.
7. Vitvickij E.E., Fedoseenkova E.S. Srednjaja avtotransportnaja sistema perevozok gruzov v gorodah [Medium transport system of transportations of cargoes in cities]. Razvitie teorii i praktiki avtomobil'nyh perevozok, transportnoj logistiki: sbornik trudov kafedry «Organizacija perevozok i upravlenie na transporte» v ramkah mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. «Arhitekturno-stroitel'nyj i dorozhno-transportnyj kompleksy: problemy, perspektivy, novacii», Omsk, SibADI, 2016, pp 191-194.
8. Odincov D.G., Nev'jancev V.A. Transportnoe obespechenie stroitel'nyh potokov [Transport security construction flows]. Moscow, Stroyizdat, 1992. – 337 p.
9. Edinye normy vremeni na perevozku gruzov avtomobil'nyim transportom i sdel'nye rascenki dlja oplaty truda voditeljam [Unified time norms for the transport of goods by road and piece rates for paying drivers] Moscow, Jekonomika, 1988. 40 p.
10. Vitvickij E.E., Fedoseenkova E.S. Identifikacija rezul'tatov issledovanija praktiki perevozok gruzov podvizhnym sostavom OOO «ATP-6» v gorode Omske [Identification of the research results practice, freightage LIMITED LIABILITY COMPANY (LLC) «Vehicle fleet operator-6» in Omsk]. Sbornik nauchnyh trudov «Al'ternativnye istochniki jenergii v transportno-tehnicheskom komplekse. Problemy i perspektivy racional'nogo ispol'zovanija» [Alternative energy sources in the transport and technical complex. Problems and perspectives of rational use] Volume 3, iss 1-4. Omsk, 2014. pp. 484-488.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Витвицкий Евгений Евгеньевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Организация перевозок и управление на транспорте» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kaf_oput@sibadi.org).

Vitvitskiy Evgeniy Evgenievich, Doctor of Engineering, Professor, The head of the department «The organization of transportations and management on transport» the Siberian automobile and road university (644080, Omsk, Mira ave., 5, e-mail: kaf_oput@sibadi.org).

Федосееenkova Елена Сергеевна (Омск, Россия) – аспирант кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kaf_oput@sibadi.org).

Fedoseenkova Elena Sergeevna, Postgraduate student of the head of the department «The organization of transportations and management on transport» the Siberian automobile and road university (644080, Omsk, Mira ave., 5, e-mail: kaf_oput@sibadi.org).



ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОДБОРУ РЕЖИМОВ ШЛИФОВАНИЯ ВОССТАНОВЛЕННЫХ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

В.В. Елистратов¹, А.В. Агошков², Е.В. Евдокимов², В.В. Макаренко²

¹Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище "РВДКУ", г. Рязань, Россия

²Дальневосточное высшее общевойсковое командное училище "ДВОКУ", г. Благовещенск, Россия

Аннотация. В данной статье описываются недостатки существующих способов восстановления шеек коленчатых валов и их вероятные причины. Коленчатые валы двигателей восстанавливают до номинального размера, обрабатывают на шлифовальных станках и устанавливают вновь после капитального ремонта. Основной проблемой этого процесса является низкий послеремонтный ресурс двигателей. В данной статье обосновывается необходимость разработки рекомендаций по подбору режимов шлифования именно восстановленных поверхностей шеек коленчатых валов двигателя, так как на сегодняшний день процесс обработки восстановленных коленчатых валов не имеет отличий от процесса обработки нового изделия.

Ключевые слова: шлифование, поверхность, восстановление, шероховатость, коленчатый вал.

ВВЕДЕНИЕ

На предприятиях капитального ремонта промышленного комплекса страны при утилизации двигателей производится дефектация коленчатых валов, в результате которой принимается решение об окончательном списании или их восстановлении.

Среди разнообразия технологических процессов восстановления изношенных поверхностей коленчатых валов примерно 85% объема восстановленных шеек валов выполняют путем применения сварочно-наплавочных процессов. Общим недостатком применяемых способов наплавки является значительное температурное воздействие дуги на деталь, сопровождаемое ее частичным расплавлением, возникновением остаточных напряжений, деформаций, трещин и, как следствие, снижением сопротивления усталости, а также износостойкости. Для наплавленного металла характерен значительный разброс показателей качества поверхности. Указанные недостатки стимулировали применение газотермических способов напыления при восстановлении коленчатых валов. Такие способы восстановления в наше время приобрели популярность благодаря тому, что в результате их применения на восстанавливаемой детали образуется пористый слой.

Идея создания пористых структур в деталях узлов трения впервые запатентована во

Франции в 1870 г., однако, развитие получила лишь с появлением и разработкой способов формирования пористой структуры. Наличие пор в покрытии, как доказано, не только повышает износостойкость, но и увеличивает промежуток времени до "схватывания" металлов шеек коленчатого вала и вкладышей после прекращения подачи масла. Пористое покрытие на шейке коленчатого вала должно выдерживать повышенные нагрузки при условии сохранения его структуры и эксплуатационных характеристик.

В связи со сложностью теоретического изучения влияние комплекса факторов режима обработки на показатели качества поверхности, основное внимание уделяется экспериментальным исследованиям. В частности, установлено, что при эксплуатации коленчатых валов неизбежным дефектом является износ коренных и шатунных шеек. Одним из часто встречающихся дефектов являются задиры на коренных и шатунных шейках.

По этим причинам, в большинстве случаев, послеремонтный ресурс деталей снижается до показателей порядка 50-55%. По мнению ряда исследователей в данной области, проблеме наиболее полного использования ресурса машин (в том числе и послеремонтного) необходимо решать путем разработки и внедрения эффективных методов и средств ремонта, восстановления деталей двигателя, что безусловно повысит его надежность.

ОБРАБОТКА ВОССТАНОВЛЕННЫХ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Анализ зарубежной практики показывает, что там уделяют большое внимание обеспечению поддержания надежности машин. Это, в первую очередь, высокий уровень обслуживания машин в гарантийный период, оперативный и качественный ремонт в течение всего срока службы. То есть предпочтение отдается концепции недопущения серьезных поломок. Немалую роль играет полное удовлетворение запасными частями не более, чем за 1-2 суток, что, в конечном счете, приводит к повышению эффективности использования техники. Надежность техники зависит не только от усилий машиностроителей на этапе изготовления или капитального ремонта, но и от условий, в которых она эксплуатируется. Причем, воздействие последних настолько значительно, что все усилия машиностроителей могут быть сведены на нет.

Одним из агрегатов техники, который во многом определяет работоспособное ее состояние и наиболее чувствителен к условиям эксплуатации, является двигатель. По своей конструкции он наиболее сложен по сравнению с другими агрегатами и на него воздействует большее количество факторов. Активность негативного воздействия одних и тех же факторов на двигатель и другие агрегаты образца техники, также неодинакова. Так, например, пусковой износ деталей двигателя в среднем поясе России составляет около 10% в общем эксплуатационном износе, а на Крайнем Севере - около 20%, причем износ деталей цилиндропоршневой группы за один пуск и прогрев остывшего двигателя в 2 раза больше, чем теплового. Очевидно, что столь существенного эффекта этот температурный фактор не может оказывать на агрегаты трансмиссии.

До настоящего времени не разработаны достаточно эффективные методы повышения надежности двигателя после капитального ремонта. В своем большинстве, применяемые методы не позволяют обеспечить необходимое качество поверхности деталей двигателя (а именно коленчатых валов) после капитального ремонта, что, в свою очередь, не дает возможности для полного использования ресурса, планирования ремонтов и повышает эксплуатационные затраты. Эти проблемы заставляют искать в ряде случаев более трудоемкие и менее перспективные пути решения различных вопросов повышения надежности машин.

На этапе капитального ремонта двигателя при шлифовании коленчатого вала, вследствие высокой температуры в зоне резания происходит повышение химической активности обрабатываемого материала к кислороду, азоту и водороду, и возможно возникновение прижогов и микротрещин на поверхности заготовки, что снижает эксплуатационные характеристики деталей: усталостную прочность, износостойчивость. Также при шлифовании в зоне контакта круга с деталью возникают высокие температуры, которые иногда превышают критические точки плавления шлифуемых металлов. Такая температура сохраняется доли секунды, так как подавляющая часть возникающей теплоты сразу отводится нижележащими слоями холодного металла. Однако, несмотря на кратковременность нагрева, появляются структурные изменения, внешне характеризующиеся прижогами. Кроме них на поверхности деталей после шлифования часто наблюдаются трещины в результате действия суммарных остаточных внутренних напряжений, возникающих вследствие неоднородной пластической деформации в разных зонах поверхностного слоя.

В отечественной и зарубежной литературе вопросы исследования режима механической обработки деталей, восстановленных плазменным напылением, освещены достаточно неполно. Причина этого - в недостаточно обоснованном выборе технологических факторов механической обработки (шлифования) и их рациональных значений, влияющих на физико-механические и геометрические параметры качества обработанной поверхности.

Восстановленные поверхности рекомендуют шлифовать на тех же режимах, что и монолитные детали [1]. Для обработки гладких и ступенчатых валов, осей, шеек коленчатых валов и распределительных валов двигателей внутреннего сгорания применяют круглое наружное шлифование. Обработка на круглошлифовальных станках ведется методом многопроходного шлифования [2]. Порошковые покрытия обрабатывают методом продольного шлифования, так как обеспечиваются наименьшие параметры шероховатости и минимальное тепловыделение [3]. При шлифовании порошковых покрытий скорость резания выбирают экспериментально, и она составляет 15100 м/мин при подаче 0,05 - 0,15 мм/об. Однако процесс шлифования, вследствие физико-механических особенностей данного материала, сопровождается явлениями микрорезания и хрупкого разрушения, которые

практически независимы и сопутствуют друг другу [4].

При обработке порошковых покрытий стойкость инструмента намного меньше, чем при обработке монолитных материалов с такими же механическими свойствами и химическим составом. Это связано со спецификой формирования покрытия, особенностями его структуры и свойств (структурная неоднородность материала, шлаки и твердые включения, значительный окисный слой на поверхности и внутри материала, поры, трещины). Вследствие этого при абразивной обработке напыленных покрытий наблюдаются значительные колебания сил резания, повышение контактных нагрузок на инструмент, ускоренный его износ [5]. В этих условиях требуются более точные и экономичные методы выбора абразивного материала, назначения режимов резания. Обычно выбирают круги со сравнительно грубой структурой и непрочной связкой. Скорость шлифования круга выбирают в пределах 1540 м/с при глубине 0,015 - 0,030 мм [6].

Хрупкое разрушение, в конечном счете, оказывает отрицательное влияние на качество обработанной поверхности и, как следствие, на ее триботехнические свойства. Поэтому при обработке восстановленных покрытий целесообразно уменьшить напряженное состояние обработанной поверхности в результате резания расширением технологических возможностей процесса шлифования. Для этого необходимо формировать рабочий цикл назначением рационального режима шлифования покрытий не только путем распределения припуска продольной и поперечных подач, но также и варьированием частоты вращения шлифовального круга и обрабатываемой детали, применением смазочно-охлаждающей среды [7], то есть технологическими факторами режима шлифования.

Безусловно, изменение любого показателя качества поверхности повлечет за собой изменение эксплуатационных характеристик поверхности в целом. Однако, по мнению

большинства ученых, шероховатость считается основным параметром качества, непосредственно оказывающим влияние на характеристики поверхности.

Учитывая вышеизложенное, мы в полной мере можем рассматривать шероховатость поверхности детали, как один из важнейших параметров качества поверхности.

Отдельными авторами изучался процесс восстановления коленчатых валов, а именно – шлифования восстановленных поверхностей коренных и шатунных шеек. И существуют рекомендации по подбору режимов обработки с целью повышения износостойкости покрытия. Однако, что касается обеспечения совокупности показателей качества поверхности, тот такие рекомендации отсутствуют. В результате этого, на предприятиях капитального ремонта восстановленные поверхности коленчатых валов шлифуют на режимах, установленных технологиями для перешлифовки монолитных валов. Анализируя сведения, указанные в таблице 1 можно сделать вывод, что вышеуказанные режимы не в полной мере подходят для обработки восстановленных поверхностей.

На основании результатов, полученных при исследовании износостойкости напыленного слоя, нами предлагается изучить процесс формирования шероховатости и отдельных элементов структуры поверхности детали, восстановленной плазменным напылением при шлифовании. Значения факторов существующих технологических режимов [8], разработанных для шлифования восстановленных поверхностей с целью обеспечения износостойкости и для обеспечения показателей шероховатости, не могут быть нами опровергнуты. Шероховатость напрямую связана с износостойкостью, а именно оказывает на нее большое влияние, особенно в период приработки. Но для более полного описания влияния процесса шлифования на шероховатость восстановленной поверхности, необходимо рассматривать такой фактор, как зернистость круга.

Таблица 1
ПОКАЗАТЕЛИ ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАЗЦОВ ПОСЛЕ ШЛИФОВАНИЯ

Партия образцов	Материал покрытия	Шероховатость поверхности R_a , мкм
Стандартная поверхность	42ХМФА-Ш	0,32
Восстановленная поверхность	ПН85Ю15	0,34

Зернистость абразивного инструмента оказывает непосредственное влияние практически на все параметры качества поверхности, и шероховатость не является исключением. В справочной литературе существует масса рекомендаций по подбору значений зернистости кругов в зависимости от назначений операций шлифования. Однако, на фоне изобилия рекомендаций по подбору зернистости кругов для шлифования основных поверхностей, отсутствуют аналогичные данные для восстановленных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая развитие способов восстановления изношенных поверхностей коленчатых валов, возникает необходимость разработки научно – обоснованных методических рекомендаций для правильной их финишной обработки. Опираясь на материал, изложенный в настоящей статье, можно сделать вывод о том, что для шлифования восстановленных поверхностей существующие рекомендации по подбору режимов шлифования подходят не в полной мере. И что для получения оптимальных показателей качества при обработке восстановленных поверхностей необходимо разработать комплекс таких рекомендаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горленко О.А., Винарев В.В. Способ технологического обеспечения параметров шероховатости при шлифовании // Проблемы повы-

шения качества, надежности и долговечности деталей машин и инструментов: Сб. науч. тр. – Брянск, 1992. – с. 20-25. 136 с.

2. Новоселов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1979. – 232с.

3. Крагельский И.В., Добычин Н.М., Комбатов В.С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977. – 526с.

4. Ермаков Ю.М. Комплексные способы эффективной обработки резанием: Библиотека технолога. – М.: Машиностроение, 2003. – 272с.

5. Исследование надежности отремонтированных двигателей КамАЗ – 740 и разработка технологических мероприятий по повышению ресурса. Отчет о НИР (заключит.) / КАЗНИПИИТ. ГР 01850039931. – Алма-Ата. 1985. 79с.

6. Ефремов В.В. Метод обеспечения износостойкости трибосопряжения «плазменное покрытие коленчатого вала - вкладыш» на этапе шлифования при восстановлении двигателей ВАТ: Дис. ... канд. техн. наук. – Рязань, 2007. – 236с.

7. Бабичев А.П. Справочник инженера-технолога в машиностроении / А.П. Бабичев, И.М. Чукарина, Т.Н. Рысева, П.Д. Мотренко. – Ростов н/Д: Феникс 2005. – 541, [1] с.: ил. – (Справочник).

8. Коршунов Б.С. Алмазное шлифование / Под ред. Г.Ф. Кудасова. – Л.: Машиностроение, 1967. – 108с.

THE RATIONALE FOR THE DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS ON THE SELECTION OF MODES OF GRINDING OF THE RESTORED CRANKSHAFTS

V.V. Elistratov, A.V. Agoshkov, E.V. Evdokymov, V.V. Makarenko

Abstract. In this article is described the shortcomings of existing methods of recovery of necks of the crankshafts. Crankshafts restore to the nominal size, grind on grinding machine, and install on engine after overhauling. The main problem of this process is low resource of crankshafts after repair. This article proves the necessity of developing of recommendations on the selection of modes of grinding of the restored crankshafts. When today, the processing of the restored crankshafts no difference from processing of a new product.

Keywords: grinding, surface, restoration, roughness, crankshaft.

REFERENCES

1. Gorlenko O.A., Vinarev V.V. Sposob tehnologicheskogo obespechenija parametrov sher-

ohovatosti pri shlifovanii. Problemu povusheniya kachestva, nadezhnosti i dolgovechnosti detalei mashin i instrumentov [Method technological support of roughness parameters when grinding.

The problem of improving the quality, reliability and durability machine parts and tools]. Bryansk 1992, pp. 20-25. 136 p.

2. Novoselov U.K. Dinamika formoobrazovaniya poverhnostei pri abrazivnoi obrabotke. Saratovskiy universitet, [The dynamics of the forming surfaces at abrasive processing. Saratov university]. Saratov 1979. 232 p.

3. Kragelskiy I.V., Dobuchin N.M., Kombalov V.S. Osnovu raschetov na trenie i iznos, [Fundamentals of calculations on friction and wear]. Moscow 1977. 526 p.

4. Ermakov U.M. Kompleksnue sposobu effektivnoi obrabotki rezaniem. Biblioteka tehnologiya, [Integrated methods for efficient machining. Library technologist]. Moscow 2005. 272 p.

5. Issledovanie nadezhnosti otremonirovannykh dvigatelei KamAZ – 740 i razrabotka tehnologicheskikh meroprijatiy po povusheniu resursa, [Investigation of the reliability of repaired motors KamAZ-740 and development of technological measures to increase resource. scientific-research and design Institute of road transport] report on research work no. 01850039931. Alma-ATA 1985. 79 p.

6. Efremov V.V. Metod obespecheniya iznosostoičnosti tribosopryazheniya «plazmennoe pokrutie kolenchatogo vala - vkladush» na etape shlifovaniya pri vosstanovlenii dvigatelei VAT, [Method the durability of units “plasma coating by the crankshaft-liner” when grinding when restoring engines of military vehicles]. Ryazan 2007. 236 p.

7. Babichev A.P. Spravochnik inzhenera-tehnologa v mashinostroenii, [Handbook of engineer-technologist in mechanical engineering]. Moscow 2006. 544 p.

8. Korshunov B.S. Almaznoe shlifovanie, [Diamond grinding]. Moscow 1967. 106 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Елистратов Василий Васильевич (Россия, Рязань) – доктор технических наук, профес-

сор кафедры «Эксплуатация вооружения и военной техники» РВВДКУ г. Рязань (390000, г. Рязань, пл. Маргелова, 1).

Elistratov Vasily Vasilevich (Russian Federation, Ryazan) – Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Professor, department of «Exploitation of weapons and military equipment» RVVDKU Ryazan (390000, Russia, Ryazan, Margelov area, 1).

Агошков Андрей Владимирович (Россия, Благовещенск) – преподаватель кафедры (бронетанкового вооружения и техники) ДВОКУ г. Благовещенск (675000, Россия, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Ленина, 158, е – mail: militantfish@yandex.ru).

Agoshkov Andrey Vladimirovich (Russian Federation, Blagoveshchensk) – Lecturer department of (armored weapons and vehicles) DVOKU, Blagoveshchensk (675000, Russia, Blagoveshchensk, Lenin st., 158, e – mail: militantfish@yandex.ru).

Евдокимов Евгений Вячеславович (Россия, Благовещенск) – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры (бронетанкового вооружения и техники) ДВОКУ г. Благовещенск (675000, Россия, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Ленина, 158).

Evdokymov Evgeniy Vyacheslavovich (Russian Federation, Blagoveshchensk) – Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Senior lecturer department of (armored weapons and vehicles) DVOKU, Blagoveshchensk (675000, Russia, Blagoveshchensk, Lenin st., 158).

Макаренко Василий Васильевич (Россия, Благовещенск) – кандидат технических наук, доцент кафедры (бронетанкового вооружения и техники) ДВОКУ г. Благовещенск (675000, Россия, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Ленина, 158).

Makarenko Vasily Vasilevich (Russian Federation, Blagoveshchensk) – Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Associate professor department of (armored weapons and vehicles) DVOKU, Blagoveshchensk (675000, Russia, Blagoveshchensk, Lenin st., 158).



УДК 656.13

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОПРОГРАММНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ИЗОЛИРОВАННЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ

А.С. Кашталинский, П.Н. Малюгин, В.В. Петров
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Аннотация. Рассмотрена актуальность учета временной неравномерности транспортных потоков, позволяющего снизить задержки транспорта на регулируемых перекрестках в городах. Разработана методика определения оптимальных параметров многопрограммного светофорного регулирования, позволяющая учитывать суточную и внутрисуточную неравномерность транспортных потоков. Применение оптимизированных параметров многопрограммного регулирования позволит снизить задержки транспорта на перекрестках на 10-40% в течение суток по сравнению с однопрограммным регулированием.

Ключевые слова: суточная неравномерность транспортных потоков, внутрисуточная неравномерность транспортных потоков, многопрограммное регулирование, транспортная задержка, изолированный перекресток.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее простой и часто применяемый метод управления светофорной сигнализацией – жесткое однопрограммное регулирование, когда параметры работы светофора рассчитываются для пикового периода и используются на перекрестке неизменно в течение суток. Его применение приводит к неоправданно высоким задержкам в межпиковый период суток и недостаточной пропускной способности перекрестка в периоды наибольшей загрузки транспортом – часы-пик [1]. Таким образом, при использовании однопрограммного регулирования игнорируется суточная и внутрисуточная неравномерности транспортных потоков (ТП). Эта проблема эксплуатации изолированных регулируемых перекрестков с однопрограммным регулированием решается внедрением многопрограммного регулирования, позволяющего учитывать суточные и часовые флуктуации интенсивностей ТП. Применение многопрограммного регулирования на изолированных перекрестках позволит повысить эффективность их функционирования за счет снижения транспортных задержек.

Целью данной работы является повышение эффективности функционирования регулируемых пересечений с учетом временной неравномерности ТП.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить теоретические предпосылки оптимизации параметров многопрограммного регулирования на перекрестке.

2. Разработать методику определения оптимальных параметров многопрограммного светофорного регулирования на изолированных перекрестках.

3. Провести оценку эффективности использования на изолированном перекрестке многопрограммного регулирования, параметры которого определялись с помощью разработанной методики.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОПРОГРАММНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Управление светофорной сигнализацией на перекрестке осуществляется посредством следующих параметров [2]: длительность цикла; длительность фаз; длительность основных тактов; длительность промежуточных тактов; порядок фаз; состав фаз.

Для обеспечения эффективного функционирования перекрестка необходима организация наиболее приемлемого набора фаз регулирования и определение оптимального порядка их смены. Длительность промежуточных тактов для каждого конкретного перекрестка назначается в зависимости от его геометрии и порядка фаз. Исходя из этого, основными расчетными параметрами управления, определяющими эффективность функционирования регулируемых перекрестков, являются длительность цикла и длительности фаз регулирования. Длительности фаз уста-

навливаются пропорционально значениям интенсивности наиболее загруженных направлений движения в фазах. Поэтому основным вопросом является назначение оптимальной длительности цикла на перекрестке.

Для определения оптимальной длительности цикла используются его параметры:

$$C = \frac{1,5L + 5}{1 - Y}, \quad (1)$$

где L – суммарное потерянное время за цикл регулирования, с; Y – суммарный фазовый коэффициент на перекрестке,

$$Y = \sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{s_i}, \quad (2)$$

где i – порядковый номер фазы регулирования; n – число фаз регулирования на перекрестке; y_i – фазовый коэффициент i -ой фазы; λ_i – интенсивность движения критического направления в i -ой фазе, ед/ч; s_i – поток насыщения критического направления в i -ой фазе, ед/ч.

Длительность разрешающего сигнала в фазах определяется следующим образом:

$$g_i = y_i \cdot (C - L) / \sum_{i=1}^n y_i, \quad (3)$$

Наиболее подходящим критерием для оптимизации длительностей цикла и фаз на регулируемых перекрестках является транспортная задержка [3].

Достаточно точной и распространенной [1] является методика расчета задержки, предложенная в североамериканском руководстве «Highway Capacity Manual 2000» (HCM) [4].

Величина средней задержки HCM определяется следующим образом:

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3, \quad (4)$$

где d – задержка одного автомобиля, с/ед.; d_1 – постоянная задержка, с/ед.; PF – коэффициент прогрессии для постоянной задержки, учитывающий характер прибытия ТС к перекрестку; d_2 – случайная задержка, с/ед.; d_3 – начальная задержка из-за очереди транспортных средств, имеющейся к началу разрешающего сигнала, с/ед.

Расчет задержки по методике HCM предполагает разбиение времени суток на единичные временные интервалы протяженностью T . В качестве стандартных в методике используются интервалы протяженностью 15 минут, т.е.

для расчета значений задержек на перекрестке в течение суток используется 96 временных интервалов. Для каждого из интервалов вводятся исходные данные и определяются параметры задержки.

Постоянная задержка определяется по формуле

$$d_1 = \frac{0,5C(1 - g/C)}{1 - [\min(1, X) \cdot g/C]}, \quad (5)$$

где C – длительность цикла, с; g – длительность зеленого сигнала, с; X – степень насыщения.

Степень насыщения регулируемого направления определяется по формуле

$$X = \frac{C}{g} \cdot \frac{\lambda}{s}. \quad (6)$$

Случайная задержка определяется по формуле

$$d_2 = 900 T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 k l X}{c T}} \right], \quad (7)$$

где T – продолжительность единичного интервала времени, ч.; k – коэффициент, учитывающий влияние адаптивного регулирования на величину дополнительной задержки, для перекрестков с жестким регулированием $k=0,5$; l – коэффициент, учитывающий расстояние от предыдущего (по направлению движения) регулируемого перекрестка до рассматриваемого, для изолированных перекрестков $l=1$; c – пропускная способность регулируемого направления ед./ч.

Пропускная способность регулируемого направления определяется по формуле

$$c = \frac{g}{C} \cdot s. \quad (8)$$

Задержка от очереди ТС определяется по формуле

$$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b(1 + u)t}{cT}, \quad (9)$$

где Q_b – очередь в конце текущего периода, ед.; u – параметр задержки; t – продолжительность неудовлетворительного периода, ч; c – пропускная способность регулируемого направления, ед./ч.; T – продолжительность временного интервала, ч.

Параметры t и u задержки d_3 определяются системой уравнений

$$t = \begin{cases} 0 & \text{если } Q_b = 1; \\ T & \text{если } \frac{Q_b}{c(1 - \min(1, X))} > 1. \end{cases} \quad (10)$$

$$u = \begin{cases} 0 & \text{если } t < T; \\ 1 - \frac{cT(1 - \min(1, X))}{Q_b} & \text{если } t \leq T. \end{cases} \quad (11)$$

Транспортная очередь, образовавшаяся за текущий отрезок времени в модели НСМ определяется в соответствии с системой уравнений [4]

$$Q_n = \begin{cases} 0 & \text{если } X \leq 1, \\ cT(X - 1) & \text{если } X > 1. \end{cases} \quad (12)$$

Количество транспортных средств (ТС) в остаточной очереди к концу текущего интервала определяется разницей между количеством автомобилей, подъехавших к перекрестку в течение рассматриваемого периода и пропускной способностью направления за этот же период. Такое условие справедливо, если степень насыщения направления больше 1, в противном случае очередь не образуется.

Существующая модель очередей НСМ предполагает, что ТС водителей, не успевших проехать перекресток по условиям пропускной способности – к началу текущего интервала «исчезают» и не оказывают влияния на загрузку перекрестка в этом периоде. Это не соответствует реальному процессу движения транспорта на перекрестке.

Для исключения этого несоответствия предлагаем относить остаточную очередь (при ее наличии) от предыдущего временного интервала к текущему. И в зависимости от текущей загрузки регулируемого направления (степени насыщения) определять – происходит накопление остаточной очереди или ее убывание с последующим отнесением полученной остаточной очереди уже к следующему периоду. Поэтому для определения накопленной очереди Q_b к концу текущего интервала с учетом накопления или разъезда очереди, оставшейся после предыдущего интервала предлагаем следующую систему уравнений

$$Q_b = \begin{cases} Q'_b + Q_n & \text{если } X > 1; \\ Q'_b - cT(1 - X) & \text{если } X \leq 1, \end{cases} \quad (13)$$

где Q_b – накопленная очередь в конце текущего периода, ед.; Q'_b – накопленная очередь в

конце предыдущего периода, ед.; Q_n – остаточная очередь за текущий период, ед.

Предлагаемая система уравнений (13) позволяет определить количество ТС, не успевших проехать перекресток за текущий отрезок времени, проезд которых переносится на следующий отрезок. Таким образом, эти ТС формируют дополнительную загрузку следующего интервала. Данное увеличение отражается при расчете задержки от очереди d_3 . Предлагаемая поправка модели накопления очередей с учетом выражений (13) более точно отражает реальную ситуацию на регулируемых перекрестках, а введение этой поправки позволит более точно определять целевой показатель при поиске оптимальных параметров светофорного регулирования на перекрестках. В целом, использование представленной методики определения задержек на перекрестке позволяет производить программную оптимизацию параметров светофорного регулирования в течение суток, что необходимо при организации многопрограммного регулирования.

Применение многопрограммного регулирования со сменой сигнальных программ (СП) в соответствии с суточным графиком подразумевает наличие периодов, в течение которых процесс изменения интенсивности регулируемых направлений можно рассматривать как стационарный аддитивный процесс вида

$$\lambda_i = \bar{\lambda}_i + \Delta\lambda_i, \quad (14)$$

где $\bar{\lambda}$ – среднее значение интенсивности; $\Delta\lambda$ – верхний усредненный предел аддитивной составляющей интенсивности; i – порядковый номер регулируемого направления.

Набор СП, используемый на перекрестке в течение суток можно представить в виде

$$\bar{u} = (P_1, P_2, \dots, P_K), \quad (15)$$

где K – число СП, используемых в течение суток на перекрестке.

Каждая СП характеризуется набором параметров регулирования

$$P_k = (C_k, \bar{G}_k^N, t_k^{вкл}, t_k^{выкл}, \Delta_k), \quad (16)$$

где k – порядковый номер СП; C_k – длительность цикла для k -ой СП; \bar{G}_k^N – вектор длительностей разрешающего сигнала (g_1, g_2, \dots, g_n) для k -ой СП; $t_k^{вкл}$ – время включения k -ой СП; $t_k^{выкл}$ – время выключения k -ой СП; Δ_k – временной интервал использования k -ой СП.

Длительность разрешающего сигнала, с учетом принимаемых допущений в конечном итоге, является функцией длительности цикла и интенсивности критических регулируемых направлений, что с учетом выражения (14) примет вид

$$g_j = f(C, \bar{\lambda}_i, \Delta\lambda_j). \quad (17)$$

Определение параметров регулирования и оптимального количества СП в течение суток, должно производиться с помощью критерия суммарной задержки на перекрестке. Задержка на перекрестке является функцией параметров светофорного регулирования и параметров ТП на этом перекрестке.

Смена СП на перекрестке предполагает наличие переходного периода, связанного с особенностями работы дорожного контроллера, управляющего светофорной сигнализацией [2]. При переходе с одной СП на другую, контроллер в течение нескольких циклов включает режим регулирования с минимальными длительностями фаз. В этот период эффективность функционирования перекрестка снижается. Показателем задержки, вызванной сменой СП на перекрестке является функция $d_{смj}$, она определяется как

$$d_{смj}(P_j, P_{j-1}) = \begin{cases} 0 & \text{если } P_j = P_{j-1} \\ \delta & \text{если } P_j \neq P_{j-1} \end{cases}, \quad (18)$$

где δ – среднее время задержки ТС при смене СП; P_j – параметры СП на j -ом временном интервале; P_{j-1} – параметры СП на временном интервале $j-1$.

Таким образом, подразумевается, что на том временном интервале, на котором осуществляется смена СП возникает дополнительная задержка транспорта, которая учитывается только на интервалах смены СП.

С учетом этого общее время задержки в течение суток определяется суммированием задержек по каждому направлению на каждом временном интервале

$$D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [(d_{ij}(P_j) + d_{смj}(P_j, P_{j-1})) \cdot \lambda_{ij}], \quad (19)$$

где D – суммарная суточная задержка на перекрестке, авт·ч; n – число регулируемых направлений на перекрестке; m – число единичных интервалов времени в течение суток; d_{ij} – средняя задержка одного ТС на i -ом на-

правлении в j -ый отрезок времени; λ_{ij} – интенсивность движения на i -ом направлении в j -ый отрезок времени.

Наличие выражений (18,19) позволяет определить некоторый оптимум количества сигнальных программ в течение суток, который позволит снизить задержки и при этом ограничит количество задержек, вызванных наличием переходных интервалов при смене сигнальных программ на перекрестке.

Перечисленные выражения (14-19) образуют модель многопрограммного регулирования на изолированном перекрестке, которая является основой для разработки методики и программного обеспечения, позволяющих в автоматическом режиме производить расчет оптимального количества СП, используемых в течение суток, а также оптимальные параметры для каждой СП с учетом внутрисуточной и суточной неравномерности ТП. Подобные алгоритмы разрабатывались как отечественными [5,6], так и зарубежными исследователями [7,8], однако их реализация направлена на оптимизацию параметров координированного управления перекрестками.

Для определения параметров многопрограммного регулирования, учитывающих внутрисуточную и суточную неравномерность ТП на изолированных перекрестках, разработана методика, реализованная в виде алгоритма поиска оптимального количества СП в течение суток и алгоритма оптимизации параметров каждой СП. В основу методики положены предлагаемая модель многопрограммного регулирования (14-19) и методика расчета задержек на перекрестке НСМ (4-12) с предлагаемой поправкой модели накопления и убывания очередей (13). Разработанная методика, на основе минимизации суммарной суточной задержки, позволяет объединять единичные временные интервалы в оптимальное количество кластеров, которые определяют периоды включения СП, а также позволяет оптимизировать параметры регулирования каждой СП.

Исходными данными для реализации методики являются: геометрические параметры перекрестка (число подходов, число полос движения), количество и состав фаз регулирования, переходные интервалы (потерянное время), динамика интенсивности движения по каждому регулируемому направлению с 15-ти минутным интервалом.

Схема алгоритма определения оптимального количества СП в течение суток представлена на рисунке 1.

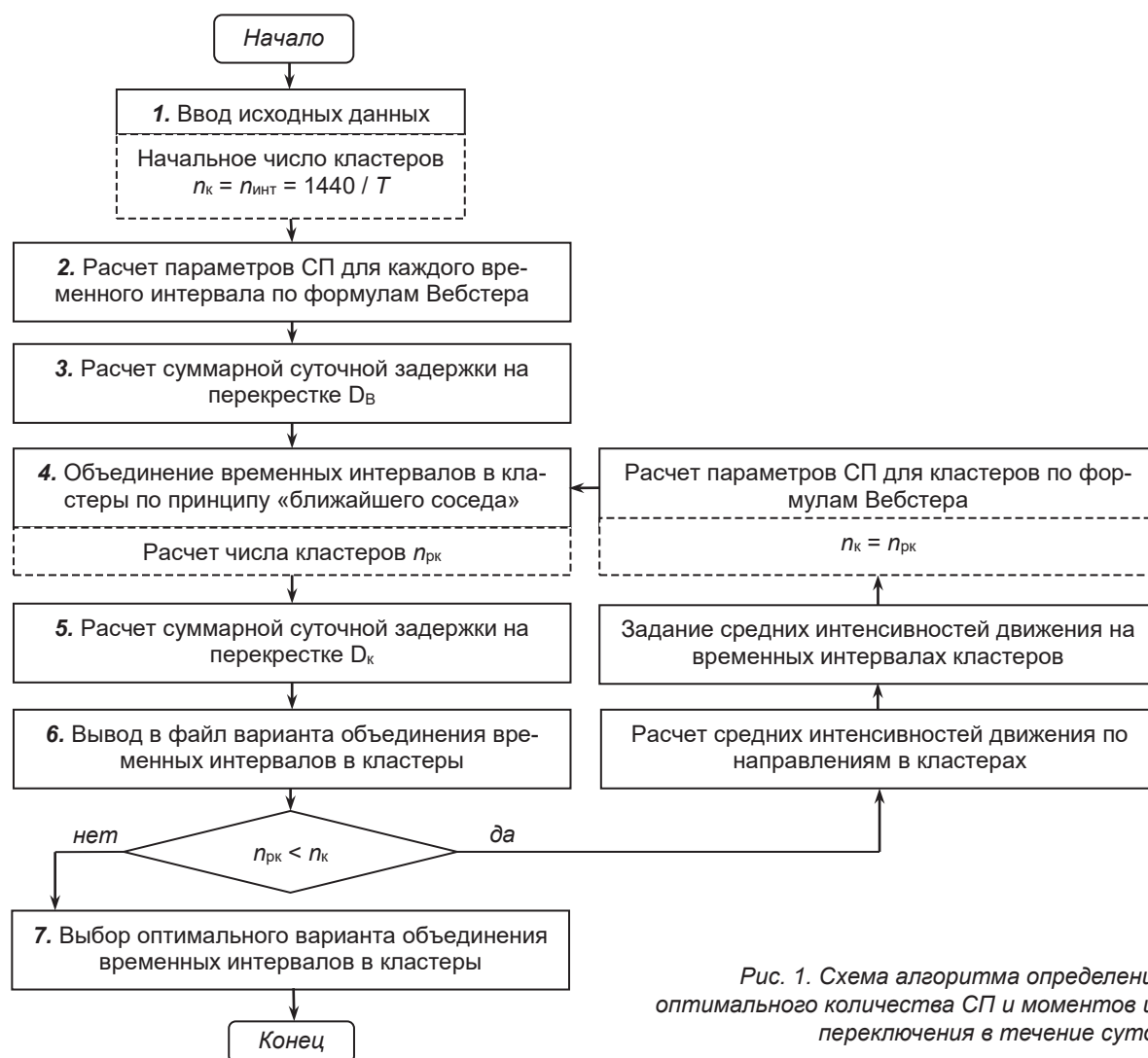


Рис. 1. Схема алгоритма определения оптимального количества СП и моментов их переключения в течение суток

Алгоритм основан на том, что смежные временные интервалы могут характеризоваться похожими параметрами движения транспорта и поэтому в течение этих интервалов возможно использование общей СП, если это рационально с точки зрения снижения задержек транспорта. В рассматриваемом случае объектами объединения являются единичные интервалы времени протяженностью 15 минут. Совокупность объединенных интервалов, для которых рационально использование общей СП, будем называть кластером.

После ввода исходных данных алгоритм предполагает расчет параметров СП для каждого временного интервала по формулам (1-3) который позволяет определить набор начальных параметров регулирования для каждого i -ого направления на каждом j -ом временном интервале

$$P_j = (C_j, g_{1j}, g_{2j}, \dots, g_{nj}), \quad (20)$$

где C_j – расчетная длительность цикла регулирования для j -ого временного интервала, g_{nj} – расчетная длительность разрешающего такта для i -ого регулируемого направления на j -ом временном интервале, n – число фаз регулирования.

Далее для рассчитанных параметров регулирования определяется средняя задержка ТС по методике НСМ, с учетом задержки от смены СП. Расчет позволяет оценить величину суммарной задержки на перекрестке для каждого j -ого временного интервала

С учетом выражений (18,19) суммарная задержка транспорта на перекрестке на j -ом временном интервале определяется уравнениями

$$D_j = \begin{cases} D_j(P_j) = \sum_{i=1}^m [(d_{ij} + \delta) \cdot \lambda_{ij} \cdot T] & \text{если } P_j \neq P_{j-1} \\ D_j(P_{j-1}) = \sum_{i=1}^m (d_{ij} \cdot \lambda_{ij} \cdot T) & \text{если } P_j = P_{j-1} \end{cases}, \quad (21)$$

где D_j – суммарная задержка автомобилей на перекрестке для j -ого временного интервала, авт·ч; d_{ij} – средняя задержка одного автомобиля на i -ом регулируемом направлении в течение j -ого временного интервала, ч; δ – задержка, вызванная сменой СП на перекрестке; λ_{ij} – расчетная интенсивность i -ого регулируемого направления на j -ом временном интервале, ед/ч; T – длительность единичного интервала времени, ч.

Для объединения временных интервалов в кластер, определяющий период работы СП, в алгоритме используется принцип «ближайшего соседа». Он заключается в том, что если суммарная задержка D_j на перекрестке, при использовании на j -ом интервале параметров от предыдущего интервала P_{j-1} , оказывается меньше, чем задержка при использовании на нем параметров P_j (с учетом задержки δ от смены СП), то j -ый интервал подсоединяется к существующему кластеру, т.е. для него принимаются параметры P_{j-1} . В противном случае – на j -ом интервале создается новый кластер с параметрами регулирования P_j .

Описанный принцип реализуется с помощью системы уравнений

$$P_j = \begin{cases} P_{j-1} & \text{если } D_j(P_j) > D_j(P_{j-1}) \\ P_j & \text{если } D_j(P_j) \leq D_j(P_{j-1}) \end{cases} \quad (22)$$

После первичного объединения интервалов в кластеры проводится усреднение интенсивностей движения в каждом кластере по формуле

$$\bar{\lambda}_{ik} = \sum_{j_{nk}}^{j_{kk}} \lambda_i / (j_{kk} - j_{nk} + 1), \quad (23)$$

где $\bar{\lambda}_{ik}$ – усредненная интенсивность движения для i -ого направления в течение k -го кластера; j_{nk}, j_{kk} – порядковый номер начального и конечного интервалов кластера соответственно.

По полученным усредненным значениям интенсивности далее производится перерасчет параметров регулирования для каждого кластера по формулам (1-3) и процедура объединения интервалов в кластеры повторяется снова. Этот циклический процесс повторяется до тех пор, пока количество кластеров не перестанет уменьшаться (см. рис. 1).

Каждый полученный вариант объединения интервалов в кластеры со значением суммарной суточной задержки записывается в отдельный файл.

Далее из всех полученных вариантов кластеризации интервалов выбирается наиболее оптимальный по количеству полученных кластеров и по значению суммарной суточной задержки транспорта на перекрестке. Выбранный вариант кластеризации интервалов в дальнейшем используется в качестве исходного для проведения процедуры оптимизации параметров СП, схема алгоритма которого приведена на рисунке 2.

В начале процесса оптимизации параметров многопрограммного регулирования определяется число кластеров n_k , начальный и конечный интервалы включения СП, по формуле (19) определяется исходная суточная задержка D на перекрестке.

Далее для каждой СП методом покоординатного спуска определяются длительности разрешающих тактов, обеспечивающих минимизацию суточной задержки на перекрестке. Для этого проводятся следующие процедуры:

1) поочередно увеличивается длительность каждой фазы регулирования с шагом 1с, на каждом шаге запоминается значение суточной задержки D ;

2) для СП выбирается такой набор параметров, который соответствует минимальной суточной задержке D_{min} ;

3) процедуры 1,2 проводятся поочередно для каждой СП, до тех пор, пока не оптимизируются все СП.

По окончании процесса оптимизации полученные параметры многопрограммного регулирования и значение суточной задержки D выводятся в файл.

Представленная методика реализована в компьютерной программе на языке С, которая позволяет в автоматическом режиме рассчитывать оптимальные параметры многопрограммного регулирования на перекрестках с учетом суточной и внутрисуточной неравномерности ТП.

Для подтверждения эффективности предлагаемой методики, с помощью разработанного программного обеспечения были определены параметры многопрограммного регулирования для перекрестка проспект Космический – улица Индустриальная в городе Омске. В соответствии с исходными данными об условиях движения на перекрестке были определены оптимальные параметры СП, которые приведены в таблице 1. При расчете варианта многопрограммного регулирования для рассматриваемого перекрестка использовались следующие ограничения: максимальная длительность цикла – 180 с, минимальная

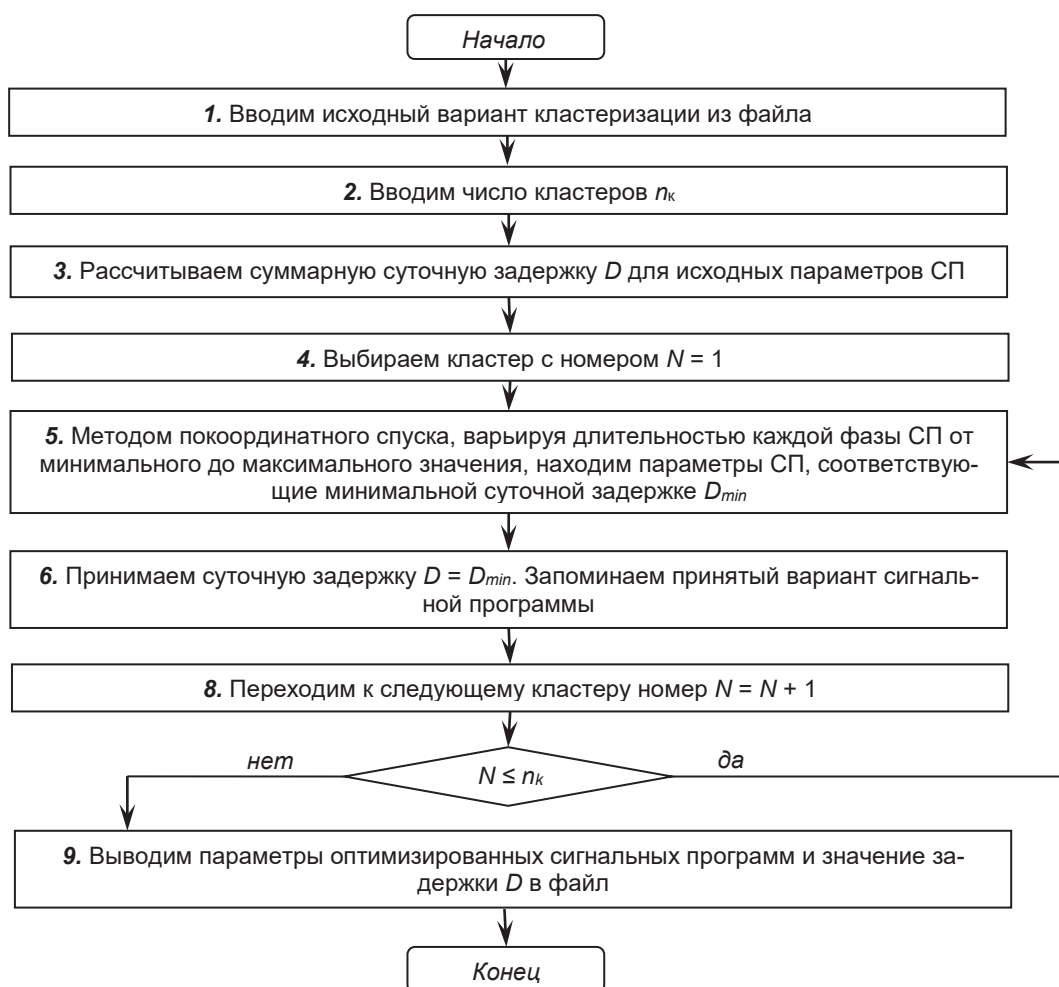


Рис. 2. Схема алгоритма оптимизации параметров СП

Таблица 1
ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МНОГОПРОГРАММНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕКРЕСТКА ПР. КОСМИЧЕСКИЙ – УЛ. ИНДУСТРИАЛЬНАЯ В Г. ОМСКЕ

№ СП	Время включения	Параметры СП, с			
		g_1	g_2	g_3	C
1	0:00	24	22	15	70
2	06:45	21	22	15	67
3	07:15	55	74	42	180
4	09:45	42	39	34	124
5	18:30	62	67	42	180
6	18:45	62	58	51	180
7	19:30	36	36	21	102
8	20:15	13	22	15	59

Таблица 2

**СРАВНЕНИЕ СУММАРНОЙ СУТОЧНОЙ ЗАДЕРЖКИ ТРАНСПОРТА НА ПЕРЕКРЕСТКЕ
ПР. КОСМИЧЕСКИЙ – УЛ. ИНДУСТРИАЛЬНАЯ В Г. ОМСКЕ ДЛЯ СУЩЕСТВУЮЩЕГО
ОДНОПРОГРАММНОГО И ПРЕДЛАГАЕМОГО МНОГОПРОГРАММНОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ**

Суммарная суточная задержка на перекрестке, авт·ч		Показатели эффективности	
При однопрограммном регулировании	При предлагаемом много-программном регулировании	Абсолютный, авт·ч	Относительный, %
3423,3	2141,6	1281,7	37,4

длительность 1-й, 2-й, 3-й фазы – 15, 25, 18 с соответственно.

Для определения эффективности многопрограммного регулирования, параметры которого учитывают суточную и внутрисуточную неравномерность движения транспорта на перекрестке, было проведено сравнение величин суточной задержки для предлагаемого варианта многопрограммного регулирования и варианта однопрограммного регулирования, эксплуатируемого на рассматриваемом перекрестке в настоящее время. Результаты сравнения приведены в таблице 2.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Представленная работа содержит решение задачи повышения эффективности регулируемых перекрестков в условиях высокой загрузки посредством учета временной неравномерности ТП.

По результатам работы сделаны следующие выводы:

1. Эффективным и простым методом, позволяющим учитывать временную неравномерность ТП на перекрестке, является многопрограммное регулирование.

2. Предложенная корректировка расчета остаточной очереди на перекрестке позволяет учитывать накопление и убывание очереди ТС в зависимости от степени насыщения регулируемого направления.

3. Разработанная модель многопрограммного регулирования на перекрестке, в которой учтена дополнительная задержка транспорта, возникающая при смене сигнальных программ, позволяет автоматизировать расчет и оптимизацию параметров многопрограммного регулирования на изолированных перекрестках.

4. Разработанная методика автоматизированного расчета параметров многопрограммного регулирования на изолированных пере-

крестках позволяет сгруппировать в кластеры единичные временные интервалы, в течение которых рационально использование общей СП исходя из уровня задержек транспорта.

5. Применение разработанного многопрограммного регулирования позволяет снизить суммарную суточную задержку на изолированных перекрестках на величину от 10 до 40%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кашталинский А.С. Снижение задержек на регулируемых перекрестках с учетом временной неравномерности транспортных потоков / А.С. Кашталинский // Транспортное планирование и моделирование: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – СПб: Изд-во СПбГАСУ, 2016. – С. 74-82.

2. Капитанов В.Т., Хилажев Е.Б. Управление транспортными потоками. – М.: Транспорт, 1985. – 92 с.

3. Брайловский Н. О., Грановский Б. И. Управление движением транспортных средств. – М.: Транспорт, 1975. – 110 с.

4. Highway Capacity Manual. // TRB, Washington, DC, 2000. – 1134 p.

5. Власов А.А. Эволюционный метод расчета режимов работы светофорной сигнализации / А.А. Власов, В.Ю. Акимова, М.В. Широков // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2009. – № 47. С. 97-99.

6. Власов А.А. Расчет режимов работы светофорного объекта в условиях насыщенного движения / А.А. Власов, Н.А. Орлов, Д.В. Портов, П.Б. Скрипкин // Современные проблемы науки и образования. 2014.– № 3. С.41.– Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21807377> (дата обращения: 20.05.2017).

7. Ratrout N. T. Developing optimal timing plans for cyclic traffic along arterials using pre-timed

controllers / N. T. Ratrou // WIT Transactions on state of the art in science and engineering, 2013. – vol. 66. – pp. 29-40.

8. Abbas M. Optimization of Time of Day Plan

Scheduling Using a Multi-Objective Evolutionary Algorithm / M. Abbas, A. Sharma, Y. Jung // Civil Engineering Faculty Publications. Paper 20, 2005. - 20 p.

METHOD OF DETERMINING OPTIMAL MULTIPROGRAM CONTROL PARAMETERS ON ISOLATED INTERSECTIONS

A.S. Kashtalinsky, P.N. Maluygin, V.V. Petrov

Annotation. This paper demonstrates the relevance of accounting of traffic flows variability over time allows reducing intersection traffic delays in urban areas.

The method of determining the optimal parameters of multiprogram control, allows considering the daily and hourly traffic flows variability was developed. Application of the optimized parameters of multiprogram control allows reducing intersection traffic delays up to 10-40% during a day compared to single-program control.

Key words: daily traffic variability, hour traffic variability, multiprogram control, traffic delay, isolated intersection.

REFERENCES

1. Kashtalinsky A.S. Snizhenie zaderzhkek na reguliruemyykh perekrestkakh s uchetom vremennoy neravnomernosti transportnykh potokov. [Delay reducing on the signal intersections with taking into account the traffic variability over the time]. Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Transportnoe planirovanie i modelirovanie» [Proc. of the International scientific-practical conference "Transport planning and modeling"], 2016, pp 74-82.

2. Kapitanov V.T., Khilazhev E.B. Upravlenie transportnyimi potokami [Control of traffic flows]. Moscow, Transport, 1985. 92 p.

3. Braylovsky N. O., Granovsky B. I. Upravlenie dvizheniem transportnykh sredstv [Control of vehicles motion]. Moscow, Transport, 1975. 110 p.

4. Highway Capacity Manual. // TRB, Washington, DC, 2000. – 1134 p.

5. Vlasov A.A., Akimova V.Yu., Shirokov M.V. Evolyutsionnyy metod rascheta rezhimov raboty svetofornoy signalizatsii [Evolutionary methods for counting of traffic lights operating modes]. Vestnik HNADU, 2009, no 47, pp 97-99.

6. Vlasov A.A., Orlov N.A., Portov D.V., Skripkin P.B. Raschet rezhimov raboty svetofornogo ob'ekta v usloviyakh nasyshchennogo dvizheniya [Design procedure of traffic light control intersection in the conditions of the sated movement]. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya, 2014, no 3, pp 41.

7. Ratrou N. T. Developing optimal timing plans for cyclic traffic along arterials using pre-

timed controllers. WIT Transactions on state of the art in science and engineering, 2013, vol. 66, pp 29-40.

8. Abbas M., Sharma A., Jung Y. Optimization of Time of Day Plan Scheduling Using a Multi-Objective Evolutionary Algorithm. Civil Engineering Faculty Publications, Paper 20, 2005, 20 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кашталинский Александр Сергеевич (Россия, Омск) – преподаватель кафедры «Организация и безопасность движения» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: ask1188@mail.ru).

Kashtalinsky Alexander Sergeevich (Russian Federation, Omsk) – Lecturer, Department Traffic organization and safety of The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: ask1188@mail.ru).

Малюгин Павел Николаевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Организация и безопасность движения» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: pmalugin@mail.ru).

Maluygin Pavel Nikolaevich (Russian Federation, Omsk) – Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Professor, Department Traffic organization and safety of The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: pmalugin@mail.ru).

Петров Валерий Васильевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент, до-

цент кафедры «Организация и безопасность движения» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: p51@inbox.ru).

Petrov Valery Vasilievich (Russian Federation, Omsk) – Ph. D. in Technical Sciences, Ass.

Professor, Department Traffic organization and safety of The Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: p51@inbox.ru).

УДК 621.793

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ МОДИФИЦИРОВАНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Д.Н. Коротяев¹, Е.В. Иванова²

¹ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия;

²Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева, Омский автотранспортный инженерный институт, г. Омск, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследования влияния материалов легирующих электродов при электроискровом модифицировании стальных деталей транспортно-технологических машин на фазовый состав формируемых покрытий и поверхностных слоев. Установлено, что при обработке электродом на основе карбида титана с добавками никеля, хрома, алюминия и шеелитового концентрата, в покрытии образуется упрочняющая фаза – интерметаллид $Ni_3(AlTi)$. Кроме того, в работе приведены экспериментальные данные по влиянию газовой межэлектродной среды на толщину покрытия, плотность дефектов кристаллического строения материалов и трибологические свойства модифицированных поверхностных слоев и покрытий. Полученные результаты свидетельствуют об активном участии газовой среды в изменении физико-механических и трибологических свойств покрытий и поверхностных слоев. Так, при электроискровой обработке в атмосфере кислорода зафиксирована минимальная толщина покрытия (около 30 мкм) и максимальная износостойкость. Это связано с тем, что кристаллическое состояние поверхностей, полученных в кислородсодержащей среде, характеризуется повышенной плотностью дислокаций. Кроме того, согласно рентгенофазовому анализу, под микроразмерным покрытием располагается дисперсно-упрочненный поверхностный слой с образованием интерметаллидов, что также способствует увеличению степени упрочнения стальной поверхности.

Ключевые слова: электроискровое модифицирование, функциональное покрытие, фазовый состав, упрочнение, интерметаллиды, износостойкость.

ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатационные свойства деталей транспортно-технологических машин и комплексов во многом определяются способностью конструкционного материала сопротивляться внешним воздействиям, среди которых значительная роль принадлежит трению и изнашиванию поверхностей.

Развитие автомобильной отрасли требует создания функциональных покрытий, способных повысить надежность и долговечность деталей машин и снизить их материалоемкость. Все большее распространение получают

технологии, использующие высокоэнергетические методы модифицирования [1, 2]. При этом, в неравновесных условиях нагрева и охлаждения происходит формирование принципиально нового, особого структурного состояния поверхностного слоя. В связи с этим обеспечение автотранспортных предприятий запасными частями с повышенной надежностью за счет поверхностного модифицирования изнашиваемых деталей является актуальной задачей, решение которой позволит избежать не только простоев машин, но и сэкономить трудовые, материальные и топливно-энергетические ресурсы.

Практическое применение поверхностного модифицирования деталей транспортно-технологических машин различными материалами вызывает необходимость решения проблем управления физико-механическими свойствами поверхностных слоев и покрытий. Для формирования функциональных покрытий и поверхностных слоев с заданными свойствами необходимо обеспечить соответствующий химический состав и структурное состояние материалов.

В настоящее время дополнительные возможности повышения физико-механических свойств поверхностей металлических изделий достигаются за счет их обработки концентрированными потоками энергии и вещества. Перспективной технологией создания функциональных покрытий и поверхностного упрочнения с использованием высококонцентрированного источника энергии является электроискровое модифицирование (ЭИМ), позволяющее получать поверхностные слои и покрытия с необходимым комплексом физико-механических и трибологических свойств [3 - 6].

Метод ЭИМ основан на явлении полярного переноса материала легирующего электрода (анода) на обрабатываемую поверхность (катод) при искровом разряде в газовой среде (рис. 1). В результате этого в поверхностном слое активируются диффузионные процессы, которые приводят к образованию особого структурно-фазового состояния материала, связанного с повышением плотности дефектов кристаллического строения и увеличением концентрации химических элементов и новых фаз [5, 7, 8].

Обработанная ЭИМ поверхность представляет собой сложную многоуровневую структуру. Верхний слой (покрытие) состоит из материала легирующего электрода, насыщенного элементами межэлектродной среды (химические соединения взаимодействия материалов анода, катода и газовой среды). Под ним располагается упрочненный слой, состоящий из смеси материалов анода и катода, образующийся в результате диффузии химических элементов материала электрода в материал поверхности. Под ним располагается наибольший по глубине слой, образованный в результате теплового воздействия (зона термического влияния). С перемещением вглубь структура зоны термического влияния переходит в структуру основного материала.

Целью настоящей работы является исследование взаимосвязи технологических усло-

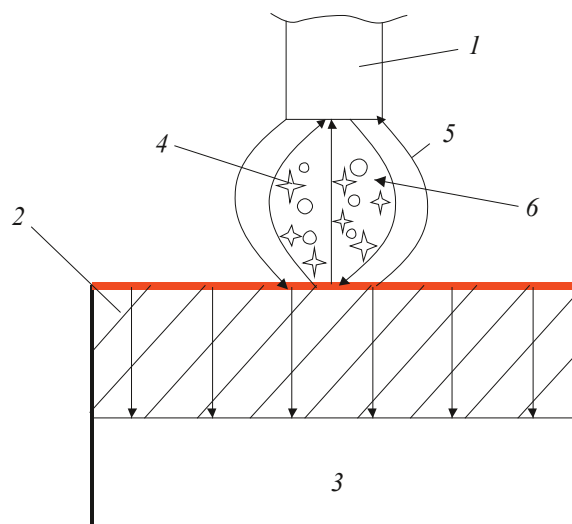


Рис. 1. Общая схема процесса ЭИМ:
1 – легирующий электрод (анод);
2 – поверхностный модифицированный слой;
3 – деталь (катод);
4 – частицы электродного материала;
5 – потоки энергии; 6 – газовая среда

вий ЭИМ (материал легирующего электрода, газовая среда) стальных деталей со структурно-фазовым состоянием поверхностных слоев и с характеристиками физико-механических и трибологических свойств формируемых покрытий.

Объект и методы исследования. Исследования проводились на образцах из конструкционной углеродистой стали 45, широко применяющейся для изготовления деталей транспортно-технологических машин и оборудования. ЭИМ выполняли на установке модели IMES-1001 с технологическими режимами: энергия в импульсе $E = (0,022...1,15)$ Дж; время обработки $t = (2...4)$ мин/см². В качестве межэлектродной среды использовали атмосферу углекислого газа, воздуха, кислорода и аргона.

Поверхности образцов обрабатывались электродами, полученными спеканием порошков методом СВС (самораспространяющийся высокотемпературный синтез): Т15К6, электродом на основе TiC с добавками Ni, Cr, Al и шеелитового концентрата (ШК).

Задачи исследования структуры металлов тесно взаимосвязаны с задачами установления особенностей фазового и химического состава. Идентификация элементного и фазового состава покрытий, а также дефектов структурного состояния проводилась рентгенофазовым анализом (РФА) с помощью дифрактометра D8 Advance в монохроматизиро-

ванном Cu-K_α излучении в области углов $2\theta = (5...120)^\circ$. Плотность дислокаций устанавливалась и рассчитывалась по физической ширине рентгеновской линии дифракции, что является возможным при изучении дислокаций с высокой плотностью ($\rho \geq 10^8 \text{ мм}^{-2}$), когда прямые методы практически не применимы [9].

Толщину покрытий определяли на горизонтальном оптиметре ИКГ-3 относительным методом измерения. Трибологические испытания выполняли на машине трения 2070-СМТ-1 в условиях граничной смазки, где контртелом модифицированному стальному образцу служил термообработанный диск из стали 50. Допускаемое значение приведенной погрешности измерения скорости скольжения – 1%; допускаемое значение приведенной погрешности измерения усилий – 1%.

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Процессы ЭИМ предполагают насыщение поверхности материала химическими элементами легирующего электрода (анода). При этом происходит взаимодействие материала электрода и поверхности с активными компонентами межэлектродной среды, проникновение атомов насыщающего компонента вглубь материала поверхностного слоя и формирование его структуры и новых свойств, приводящих к упрочнению.

Основной механизм упрочнения металлов связан с созданием препятствий или барьеров на пути движения дислокаций [8]. Такими барьерами могут быть границы зерен и субзерен, дислокации, микронапряжения, дисперсные фазы и др.

При ЭИМ высокая температура стимулирует протекание плазмохимических, металлургических, диффузионных и других реакций, продукты которых частично осаждаются на поверхности катода, образуя сложные структурные композиции, вследствие чего реализуются одновременно несколько упрочняющих механизмов. В предположении аддитивности влияния отдельных механизмов, общий уровень упрочнения материала обеспечивается за счет увеличения плотности дислокаций, легирования, выделения дисперсных фаз, микронапряжений в кристаллической решетке материала.

Наибольший эффект упрочнения может быть достигнут при реализации максимально возможного числа механизмов упрочнения в

одной технологии. Такой технологией и является ЭИМ, в результате которой на сталях формируется упрочненный слой, имеющий структуру твердых растворов и легирующих элементов в железе с выделением дисперсных частиц фаз легирующих элементов. При этом сохраняются мелкое зерно и достаточно высокая плотность дислокаций [10, 11].

За счет выделения большого количества теплоты у поверхности металла происходит быстрое его насыщение атомами химических элементов легирующего электрода и газовой среды с образованием новых фаз (карбидов, интерметаллидов), что подтверждается рентгенофазовым анализом.

Исследование влияния ЭИМ на фазовый состав покрытий показало, что обработка электродом Т15К6 приводит к появлению в поверхностном слое карбида титана (TiC) с кубической решеткой [10].

По данным РФА поверхность, сформированная электродом на основе TiC с добавками Ni, Cr, Al и ШК (рис. 2), кроме основной фазы TiC содержит интерметаллид $\text{Ni}_3(\text{AlTi})$ с кубической решеткой и ее параметром $(3,555 \pm 0,002) \text{ \AA}$. Эффективный размер кристаллитов в направлении $[200] D_{200} = 144 \text{ \AA}$.

Для исследования влияния различных технологических условий на структурное состояние и физико-механические свойства покрытий, в межэлектродное пространство при ЭИМ вводились газовые среды. После обработки сверхбыстрое охлаждение покрытия и поверхностного слоя приводит к образованию структурных дефектов (дислокаций, вакансий) и формированию внутренних напряжений. На рис. 3 представлены данные по плотности дислокаций (ρ) и толщине покрытия (δ) после ЭИМ стальных образцов в различных газовых средах. На диаграмме также указаны вероятные доминирующие механизмы упрочнения.

Газовые среды в порядке стимулирования формирования высокой плотности дислокаций располагаются в следующей последовательности: углекислый газ, воздух, кислород, аргон. Такое значительное увеличение плотности дислокаций согласуется с положениями физики твердого тела о том, что при наличии легирующих элементов устойчивость дислокационной структуры повышается за счет образования вокруг них «облаков» Коттрелла и Сузуки [12.] и блокировки дислокаций компонентами газовой среды. При этом толщина покрытия максимальна при обработке в среде углекислого газа, а минимальна в среде кислорода и аргона.

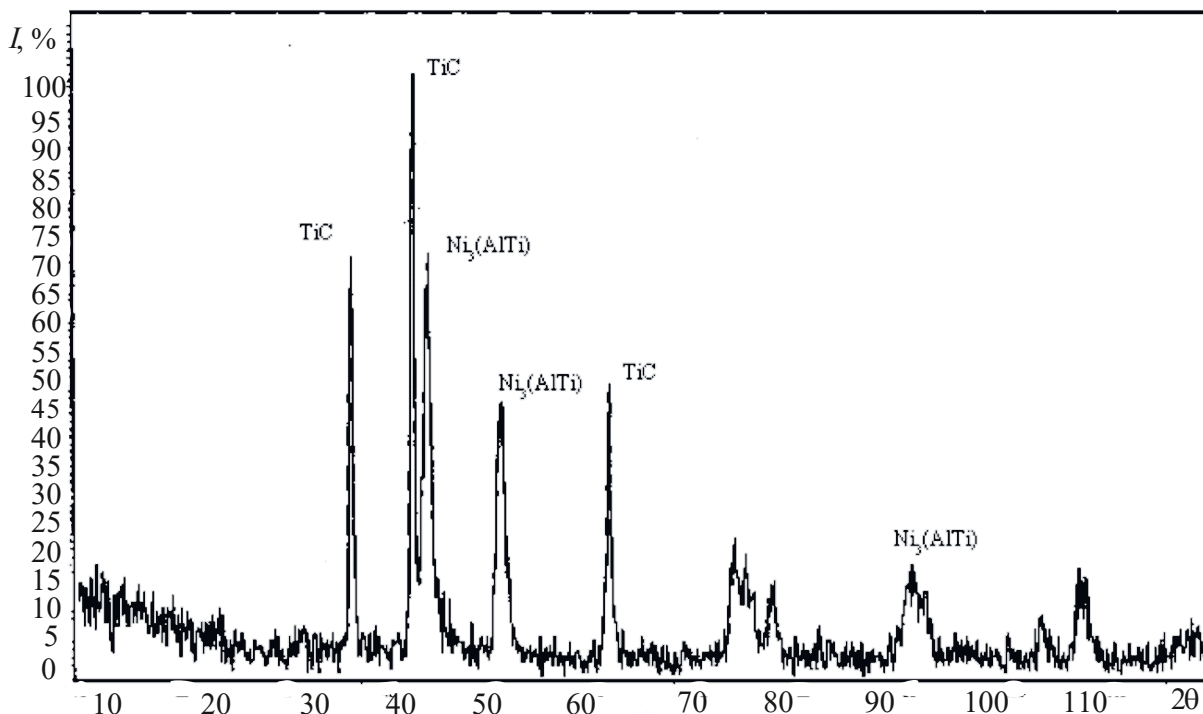


Рис. 2. Рентгенограмма покрытия после ЭИМ стали 45 электродом на основе TiC с добавками Ni, Cr, Al и ШК

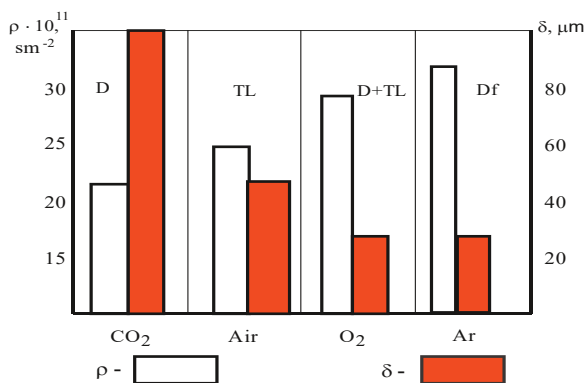


Рис. 3. Плотность дислокаций (ρ) и толщина покрытия (δ) после ЭИМ стальной поверхности в газовых средах. Механизмы упрочнения: D – дисперсионный; TL – твердорастворное легирование; Df – дислокационный

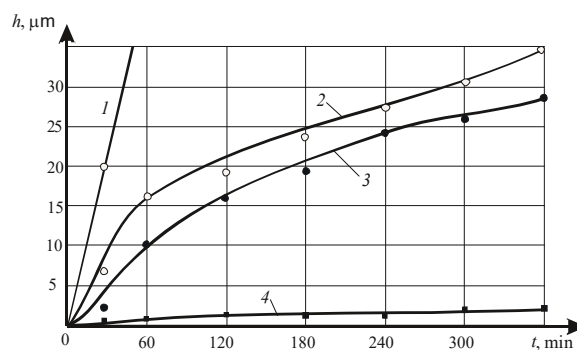


Рис. 4. Износостойкость покрытия после ЭИМ с энергией разряда $E = 0,73$ Дж в различных газовых средах: 1 – исходная поверхность; 2 – воздух; 3 – углекислый газ; 4 – кислород

Трибологические свойства покрытий, сформированных на стальной основе при ЭИМ электродом с составом TiC и добавками Ni, Cr, Al и ШК, оценивали по величине износа в условиях граничного трения по модифицированной поверхности (рис. 4).

Результаты испытаний свидетельствуют, что величина износа h модифицированных образцов принимает минимальные значения при обработке в атмосфере кислорода. Это может

быть связано с тем, что под микроразмерным оксидным покрытием (около 30 μm см. рис. 3) располагается дисперсно-упрочненный поверхностный слой с образованием интерметаллидов, согласно рентгенограмме на рис. 2. В результате ЭИМ через оксидный барьер коэффициент трения поверхности снижается по сравнению с поверхностью, обработанной в воздушной атмосфере, а износостойкость значительно повышается.

ВЫВОДЫ

1. При электроискровом модифицировании деталей различными электродными материалами в поверхностном слое формируется особое структурно-фазовое состояние, связанное со сверхскоростными процессами нагрева и охлаждении обрабатываемого материала. Так, при обработке электродом на основе карбида титана с добавками никеля, хрома, алюминия и шеелитового концентрата, в покрытии образуется упрочняющая фаза – интерметаллид $Ni_3(AlTi)$.

2. Установлено, что плотность дислокаций в кристаллической структуре металла и толщина покрытия зависят от состава газовой межэлектродной среды. При осуществлении модифицирования в атмосфере кислорода и аргона зафиксирована наибольшая плотность дислокаций; при этом отмечается наименьшие значения толщины покрытий.

3. Электроискровое модифицирование стальных поверхностей в газовой атмосфере приводит к значительному повышению их износостойкости при граничном трении по закаленному стальному образцу; наибольшее снижение величины износа достигается при обработке поверхностей в среде кислорода.

Таким образом, обоснованный выбор материалов легирующих электродов и газовых сред при обработке ЭИМ, позволяет обеспечить необходимый комплекс физико-механических свойств формируемых покрытий на стальных деталях транспортно-технологических машин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lofaj, F. Transfer film in a friction contact in the nanocomposite WC-C coatings / F. Lofaj, M. Ferdinandy, G. Cempura, P. Hornak, M. Vnoucek // *Journal of the Australian Ceramic Society*. – 2013. – Vol. 49. – P. 34-43.

2. Jamnapara, N. I. Comparative analysis of insulating properties of plasma and thermally grown alumina films on electrospark aluminide coated 9Cr steels / N. I. Jamnapara, S. Frangini, J. Alphonsa, N. L. Chauhan, S. Mukherjee // *Surface and Coatings Technology*. – 2015. – Vol. 266. – P. 146-150.

3. Kolomeichenko, A. V. Tribotechnical properties of electrospark coatings of amorphous and nanocrystalline iron alloys / A. V. Kolomeichenko, I. S. Kuznetsov // *Journal of*

Friction and Wear. – 2014. – Vol. 35. – No. 6. – P. 501-504.

4. Nikolenko, S. V. Superhigh-speed extrusion of tungsten-free electrodes for electrospark alloying of steel 45 / S. V. Nikolenko, N. A. Suy, M. A. Pugachevskii, L. P. Metlitskaya // *Russian Engineering Research*. – 2013. – Vol. 33. – No. 5. – P. 258-264.

5. Mashkov, Y.K. The effect of electric-spark treatment on the structure and properties of modified friction surfaces / Y. K. Mashkov, O. V. Malij, D. N. Korotaev, B. S. Alimbaeva, M. Y. Baybaratskaya // *Journal of Friction and Wear*. – 2016. – Vol. 37. – No 1. – P. 66-70.

6. Ageeva, E. B. Характеристики электроискровых покрытий, полученных электродным материалом из электроэрозионных порошков быстрорежущей стали / E. B. Ageeva, E. B. Ageev, P. A. Латыпов, В. Ю. Карпенко, А. Ю. Алтухов // *Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия*. – 2015. – No. 2. – С. 62-65.

7. Nikolenko, S. V. Generation and study of new electrode materials with self fluxing additives to improve the efficiency of mechanical electrospark alloying / S. V. Nikolenko, N. A. Syui, A. D. Verkhoturov // *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. – 2015. – Vol. 51. – No. 1. – P. 38-45.

8. Петрова, Л. Г. Разработка технологий поверхностного упрочнения деталей машин и инструмента на основе научно-методологического комплекса инженерии поверхности металлических материалов / Л. Г. Петрова // *Упрочняющие технологии и покрытия*. – 2010. – No. 12. – С. 28-39.

9. Уманский, Я.С. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия/ Я.С. Уманский, Ю.А. Саканов, И.И. Иванов и др. – М.: Металлургия, 1982. – 631 с.

10. Машков, Ю. К. Исследование наноструктурных покрытий, синтезируемых методом электроискровой обработки / Ю. К. Машков, Д. Н. Коротаев, М. Ю. Байбарацкая, Б. Ш. Алимбаева // *Журнал технической физики*. – 2015. – Т. 85. – No. 10. – С.75-79.

11. Коротаев, Д. Н. Субструктурное поверхностное упрочнение деталей трибосистем методом электроискрового легирования / Д. Н. Коротаев, Е. В. Иванова // *Перспективные материалы*. – 2011. – No. 2. – С. 98-102.

12. Кристиан, Дж. Теория превращений в металлах и сплавах/ Дж. Кристиан. – М.: Мир, 1978. –С. 808

FEATURES OF FORMATION OF FUNCTIONAL COVERINGS AT ELECTROSPARK MODIFYING OF METAL MATERIALS

D.N. Korotaev, E.V. Ivanova

Abstract. Results of a research of influence of materials of the alloying electrodes at electrospark modifying of steel products on phase structure of the formed coverings and blankets are presented. It is established that when processing the electrode on the basis of carbide of the titan with additives of nickel, chrome, aluminum and a sheelitovy concentrate, in a covering forms the strengthening phase – intermetallic compound $Ni_3(AlTi)$. Possible mechanisms of hardening of blankets of metal products at electrospark modifying are considered, and also results of a research of influence of the gas interelectrode environment on covering thickness, density of defects of a crystal structure of materials and tribological properties of the modified blankets and coverings.

Use of technology of electrospark processing promotes manifestation of a complex of mechanisms of hardening from which dominating are dispersive hardening coherent particles of carbides and intermetallic compound, and also a strongly solution alloying. The received results demonstrate active participation of the gas environment in change of physicomechanical and tribological properties of coverings and blankets. So, at electrospark processing in the atmosphere of oxygen the minimum thickness of a covering (about 30 μm) and the maximum wear resistance is recorded. It is connected with the fact that crystalline state of the surfaces received in the oxygen-containing environment is characterized by the increased density of dislocations. Besides, according to the X-ray phase analysis, under a microdimensional covering the disperse strengthened blanket with formation of intermetallic compound settles down that also promotes increase in extent of hardening of a steel surface. It is shown that the reasonable choice of a ratio of the mechanisms of hardening operating when processing with electrospark modifying allows to provide a necessary complex of physicomechanical and tribological properties of the formed coverings.

Keywords: electrospark modifying, functional covering, phase structure, hardening, intermetallida, gas environment, density of dislocations, wear resistance.

REFERENCES

1. Lofaj, F., Ferdinandy M., Cempura G., Hornak P., Vnoucek V. Transfer film in a friction contact in the nanocomposite WC-C coatings. Journal of the Australian Ceramic Society, 2013, vol. 49, pp. 34-43.

2. Jamnapara, N. I., Frangini S., Alphonsa J., Chauhan N.L., Mukherjee S. Comparative analysis of insulating properties of plasma and thermally grown alumina films on electrospark aluminate coated 9Cr steels. Surface and Coatings Technology, 2015, vol. 266, pp. 146-150.

3. Kolomeichenko, A. V., Kuznetsov I.S. Tribotechnical properties of electrospark coatings of amorphous and nanocrystalline iron alloys. Journal of Friction and Wear, 2014, vol. 35, no 6, pp. 501-504.

4. Nikolenko, S. V., Suy N.A., Pugachevskii M.A., Metlitskaya L.P. Superhigh-speed extrusion of tungsten-free electrodes for electrospark alloying of steel 45. Russian Engineering Research, 2013, vol. 33, no 5, pp. 258-264.

5. Mashkov, Y.K., Malij O.V., Korotaev D.N., Alimbaeva B.S., Baybaratskaya M.Y. The effect of electric-spark treatment on the structure and properties of modified friction surfaces. Journal of Friction and Wear, 2016, vol. 37, no 1, pp. 66-70.

6. Ageeva E.V., Ageev E.V., Latypov R.A., Karpenko V.Yu., Altukhov A.Yu. Kharakteristiki elektroiskrovykh pokrytii, poluchennykh elektrodnykh materialom iz elektroerozionnykh poroshkov bystrorezhushchei stali [Characteristics of the electrospark coverings received by electrode material from electroerosive powders of quick cutting steel]. Izvestiya vuzov. Poroshkovaya metallurgiya i funktsional'nye pokrytiya, 2015, no 2, pp. 62-65.

7. Nikolenko, S. V., Syui N.A., Verkhoturov A.D. Generation and study of new electrode materials with self fluxing additives to improve the efficiency of mechanical electrospark alloying / S. V. Nikolenko, N. A. Syui, A. D. Verkhoturov // Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 2015, vol. 51, no 1, pp. 38-45.

8. Petrova L. G. Razrabotka tekhnologii poverkhnostnogo uprochneniya detalei

mashin i instrumenta na osnove nauchno-metodologicheskogo kompleksa inzhenerii poverkhnosti metallicheskikh materialov [Working out of technologies of superficial hardening of details of cars and the tool on the basis of a scientific-methodological complex of surface]. Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya, 2010, no. 12, pp. 28-39.

9. Umanskij Ja.S., Sakanov Ju.A., Ivanov A.I. i dr. Kristallografija, rentgenografija i jelektronnaja mikroskopija [Crystallography, X-ray analysis and electronic microscopy]. Moscow. Metallurgija, 1982. 631p.

10. Mashkov Yu. K., Korotaev D. N., Baibaratskaya M. Yu., Alimbaeva B. Sh. Issledovanie nanostrukturnykh pokrytii, sinteziruemykh metodom elektroiskrovoy obrabotki [Research of the nanostructural coverings synthesized by method of electrospark processing]. Zhurnal tekhnicheskoi fiziki, 2015, vol. 85, no 10, pp.75-79.

11. Korotaev D. N., Ivanova E. V. Substrukturnoe poverkhnostnoe uprochnenie detalei tribosistem metodom elektroiskrovogo legirovaniya [Substructural superficial hardening of friction system components by electrospark modifying]. Perspektivnye materialy, 2011, no 2, pp. 98-102.

12. Kristian Dzh. Teorija prevrashhenij v

metallah i splavah [The theory of transformations in metals and alloys]. Moscow. Mir, 1978. 808p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Коротаев Дмитрий Николаевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей», ФГБОУ ВО СиБАДИ (644080, г.Омск, пр-т Мира, 5, e-mail: korotaevd99@mail.ru).

Korotaev Dmitrii Nikolaevich - Doctor of Engineering, associate professor, professor of department « Operation and car repairs», SibADI (644080, g.Omsk, pr-t Mira, 5, e-mail: korotaevd99@mail.ru).

Иванова Елена Владимировна – кандидат технических наук, доцент, доцент 12 кафедры (физико-математических дисциплин), ФГКВБОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева», ОАБИИ (644098, г. Омск, п. Черёмушки, 14 военный городок, e-mail: elenaivanova-01@mail.ru).

Ivanova Elena Vladimirovna - Candidate of Technical Sciences, associate professor, associate professor of the 12th department (physical and mathematical disciplines), Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, g. Omsk, p. Cheremushki, 14 voennyi gorodok, e-mail: elenaivanova-01@mail.ru).

УДК 631.12

ПРИМЕНЕНИЕ НЕГАУССОВСКИХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

В.А. Корчагин¹, В.И. Игнатенко¹, Д.К. Сысов²

¹ФГБОУ ВО «ЛГТУ», г. Липецк, Россия;

²Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал)

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет (СКФУ)», г. Пятигорск, Россия

Аннотация. Проанализированы основные методы аппроксимации элементарных функций плотностей распределения вероятностей случайной выборки из генеральной совокупности статистического материала, используемого в области эксплуатационной надежности автомобилей. Предложено для описания негауссовских экспериментальных данных использовать системы распределений Джонсона и Пирсона, которые позволяют описывать практически любые унимодальные распределения. Эффективность использования данных систем распределений исследована путем статистического моделирования. Представлены результаты апробации статистических моделей на реальных данных.

Ключевые слова: элементарные функции, статистическая модель, негауссовское распределение, метод моментов, автомобиль.

ВВЕДЕНИЕ

Вследствие многообразия условий эксплуатации автомобилей процесс изменения технического состояния различных узлов и механизмов носит случайный характер. Однако рассеивание межремонтной наработки одноименных элементов автомобиля и изменение значений их контролируемых параметров не хаотично, а имеет определенные закономерности, устанавливаемые на основе экспериментальных исследований.

Главной целью экспериментальных исследований в условиях эксплуатации автомобиля является построение и оценка характеристик статистических моделей (законов распределения) измеряемых контролируемых параметров. Знание законов распределения значений контролируемых параметров элементов автомобиля необходимо при решении ряда задач технической эксплуатации автомобилей:

- аналитические расчёты интенсивности изнашивания, ресурса, эксплуатационных допусков;
- определение объёма и периодичности проведения регулировочных и профилактических работ;
- определение расхода однородных эксплуатационных материалов.

Наибольшее распространение в качестве статистической модели получило двухпараметрическое нормальное распределение, теоретическим обоснованием которого является центральная предельная теорема. Для нормального распределения разработаны методики обработки статистических данных. Применение какого-либо теоретического распределения в качестве статистической модели требует глубокого изучения физики процессов, что зачастую невозможно.

Получение статистических данных о законах распределения контролируемых параметров элементов автомобиля в условиях эксплуатации связано с трудоёмкими измерениями. Кроме того, не всегда имеется достаточно представительная выборка объектов статистического исследования. Необходимо также учитывать, что существуют выборки контролируемых параметров, которые при стендовых испытаниях автомобиля имеют распределения, близкие к нормальным, а в условиях эксплуатации отличаются от нормальных.

Анализ литературных источников [1] и проведённые исследования показали, что законы распределения контролируемых параметров автомобиля чаще всего не являются нормаль-

ными и для их достоверного описания применяются негауссовские статистические модели.

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫБОРА СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

В области эксплуатационной надёжности автомобилей накоплен большой статистический материал, полученный по результатам экспериментальных исследований различных узлов и механизмов, для обработки которого применяется математическое (программное) обеспечение. Контролируемые параметры элементов автомобиля, которые чаще всего взаимосвязаны между собой, могут иметь различные законы распределения измеренных значений. При выборе аппроксимирующих распределений необходимо, чтобы они отвечали следующим требованиям:

- содержали минимальное число варьируемых параметров;
- имели простую аналитическую форму записи;
- содержали наименьшее число различных семейств;
- описывали достаточно широкий круг исследуемых процессов.

Для аппроксимации (сглаживания) гистограмм, построенных по экспериментальным данным, обычно рекомендуется использовать элементарные непрерывные функции плотностей распределения вероятностей (ФПРВ), такие, как нормальная, логнормальная, Релея, равномерная, экспоненциальная, Вейбулла, и т.д. [2]. Форму большинства непрерывных ФПРВ можно описать, применяя типовые этапы статистического анализа наблюдений [3], основными из которых являются четыре момента:

- оценка математического ожидания $\{m\}$;
- оценка выборочного среднеквадратического отклонения $\{s\}$;
- оценка коэффициента асимметрии $\{a\}$ распределения;
- оценка коэффициента эксцесса $\{e\}$ выборочных данных.

Коэффициенты асимметрии и эксцесса используются для построения и определения типа статистической модели экспериментальных данных. Если их значения для различных ФПРВ нанести на плоскость в системе координат $\{a, e\}$, то может быть построена диаграмма (рисунок 1), называемая плоскостью моментов [4].

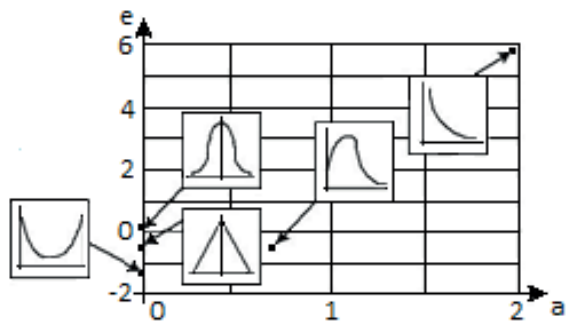


Рис. 1. Положение различных законов распределения на плоскости моментов

Положение точки, определяемое численными значениями коэффициентов асимметрии и эксцесса, сравнивается с положением точек, соответствующих известным законам непрерывных распределений. По результатам сравнения в качестве статистической модели экспериментальных данных принимается ближайший закон непрерывного распределения.

Известно [5], что существует класс эмпирических распределений, охватывающий все унимодальные ФПРВ (рисунок 2), используемые в теории эксплуатационной надежности автомобилей.

В математической статистике [2] используются три основных метода аппроксимации ФПРВ случайной выборки из генеральной совокупности.

Первый метод основан на разложении искомой функции в ряд по производным от нормального распределения:

$$f(x) = \sum_{i=0}^{\infty} a_i L_i(x) \varphi(x), \quad (1)$$

где $\varphi(x)$ – хорошо известная кривая Гаусса;
 $L_i(x)$ – полиномы Чебышева-Эрмита, определяемые тождествами

$$(-1)^i \frac{d^i}{dx^i} \varphi(x) = L_i(x) \varphi(x); \quad (2)$$

$$a_i = \frac{1}{i!} + \int_{-\infty}^{\infty} f(x) L_i(x) dx. \quad (3)$$

Подставляя выражения (2) и (3) в функцию (1), получаем

$$f(x) = \varphi(x) \left[1 + \frac{1}{2} (\mu_2 - 1) L_2 + \frac{1}{6} \mu_3 L_3 + \dots \right], \quad (4)$$

где μ_i – центральные моменты, вычисляемые по выборочным данным.

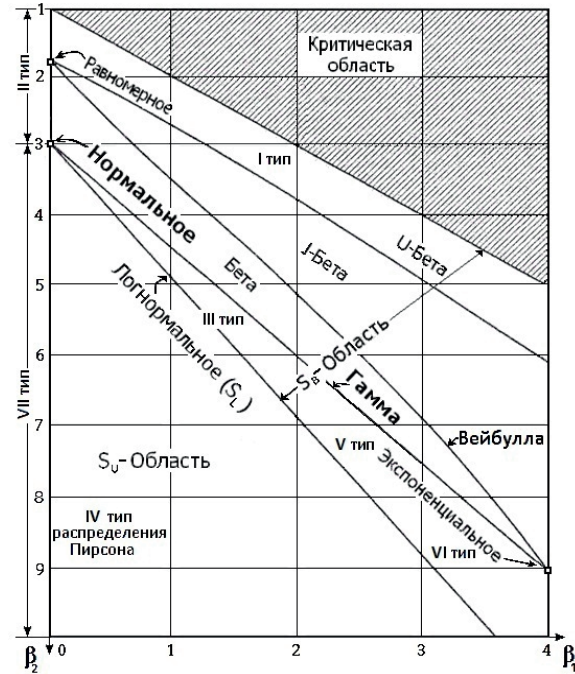


Рис. 2. Графики областей распределения S_L, S_B и S_V Джонсона, I-VII типов распределений Пирсона и элементарных распределений

Данный метод обладает существенными недостатками. Последующий член ряда нельзя считать малым по сравнению с предыдущим, отсюда первые k членов могут дать приближение лучше, чем $k+1$. Теоретическая ФПРВ может иметь отрицательное значение на концах распределений. Этот метод рекомендуется использовать для распределений с асимметрией, близкой к нулю.

Второй метод аппроксимации законов распределения экспериментальных данных, принимающих как положительные, так и отрицательные значения, это метод Джонсона [6,7], основанный на преобразовании одной переменной в другую с известным законом распределения. В качестве известного берется нормальное распределение нормированной случайной величины

$$z = \gamma + \eta f \left(\frac{x - \mu}{\lambda} \right), \quad (5)$$

где $\gamma, \eta, \mu, \lambda, \gamma, \eta, \mu, \lambda$ – параметры, подлежащие определению.

Джонсон рассмотрел для нормированной переменной

$$y = \left(\frac{x - \mu}{\lambda} \right) \quad (6)$$

три типа функции $f(y)$:

$$f(x) = \ln y; \quad (7)$$

$$f(y) = \ln \frac{y}{1-y}; \quad (8)$$

$$f(y) = \ln[y + \sqrt{y^2 + 1}]. \quad (9)$$

Этим функциям соответствуют три семейства распределений Джонсона, получаемых путем различных нелинейных преобразований гауссовской нормированной плотности распределения вероятностей. В работе [5] приведены формулы семейств распределений Джонсона S_L , S_B и S_U без анализа особенностей нахождения параметров распределений. Определение параметров распределений S_L и S_B сводится к решению системы нелинейных (трансцендентных) уравнений, требующему значительных затрат машинного времени.

Для семейства S_U при малом числе наблюдений, что характерно для многих задач технической эксплуатации автомобиля, η и γ находятся по таблицам, которые должны быть занесены в оперативное или внешнее запоминающее устройство компьютера. В работе [5] не указаны границы отклонения точек (β_1 , β_2) от кривой S_L , попадание в которые давало бы основание для выбора соответствующего типа распределения. Теоретически эти границы зависят от вероятности ошибки определения параметров β_1 и β_2 . Другими словами, границы кривой S_L должны определяться на основании величины среднеквадратических отклонений $\sigma(\beta_1)$ и $\sigma(\beta_2)$.

Следует отметить, что адекватность полученной статистической модели существенно зависит от выбора теоретических процентилей. В том случае, если значение критерия согласия Пирсона χ^2 не удовлетворяет исследователя, процесс вычисления параметров повторяется для новых значений процентилей, что значительно увеличивает время использования ЭВМ.

Третий метод предложил Пирсон [6], использовавший для аппроксимации семейство распределений, получаемое в результате решения дифференциального уравнения

$$\frac{df}{dx} = \frac{(x-a)f}{b_0 + b_1x + b_2x^2}. \quad (10)$$

Тип кривой зависит от величины

$$\xi = \frac{\beta_1(\beta_2 + 3)^2}{4(4\beta_1 - 3\beta_2)(2\beta_2 - 3\beta_1 - 6)}. \quad (11)$$

Для каждого из трех значений ξ находим главные типы кривых распределений:

$$\begin{aligned} \xi < 0 & - \text{тип I;} \\ 0 < \xi < 1 & - \text{тип IV;} \\ \xi > 1 & - \text{тип VI.} \end{aligned}$$

Для $\xi = 0$ в зависимости от β_2 распределение может быть типа II ($\beta_2 < 3$), типа VII ($\beta_2 > 3$) и нормальным ($\beta_2 = 3$).

При значении $\xi = 1$ имеем тип V, а при $\xi = \pm\infty$ - тип III.

Для проверки возможности практического применения распределений Джонсона и Пирсона в задачах технической эксплуатации автомобилей [1, 8, 9, 10] составлены программы обработки статистической информации.

Примеры использования универсальных распределений для обработки статистической информации из области эксплуатационной надежности автомобилей приведены в таблице 1.

Сравнительный анализ результатов обработки статистической информации (см. таблицу 1) показал, что универсальные распределения могут с успехом применяться в задачах технической эксплуатации автомобилей. Расчеты показывают, что при проведении от 100 до 200 опытов эмпирические распределения Джонсона и Пирсона гораздо лучше сглаживают гистограммы, чем элементарные распределения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обработка статистических данных показала, что распределения Джонсона и Пирсона дают возможность получить уровень значимости не менее 0,9. Всё это говорит о высокой достоверности выбранных негауссовских статистических моделей. Построение статистической модели будет успешным, если закон распределения экспериментальных данных не попадает в критическую область (см. рисунок 2). Кроме того, достигается большая скорость при выборе типов распределения Джонсона и Пирсона по сравнению с алгоритмами подбора элементарных распределений.

Таблица 1

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

Случай использования закона	Тип распределений		
	ФПРВ	Джонсона	Пирсона
1. Пробеги автомобилей к календарным срокам. Расход однородных эксплуатационных материалов. Периодичность профилактических работ. Трудоемкость групп операций профилактики. Трудоемкость операций регулярной профилактики. Трудоемкость групп операций профилактики и регламентированного по трудоемкости сопутствующего текущего ремонта. Интенсивность изнашивания, ресурс. Периодичность групп первых отказов.	Нормальное	S_B S_u	I тип II тип VI тип
2. Суммарный простой в текущем ремонте при средней и большой наработках. Периодичность групп первых отказов. Интенсивность изнашивания, ресурс. Трудоемкость операций нерегулярной профилактики. Трудоемкость групп операций профилактики и нерегламентированного по трудоемкости текущего ремонта. Ресурс подшипников. Периодичность отказов крепежных соединений.	Вейбулла	S_B	I тип
3. Трудоемкость операций нерегулярной профилактики. Размер транспортных предприятий. Интенсивность изнашивания, ресурс. Периодичность отказов крепежных соединений.	Логнормальное	S_L S_B S_u	V тип VI тип IV тип
4. Дисбаланс шин. Биение шин и ободьев.	Релея	S_B	I тип
5. Трудоемкость операций ремонта и нерегулярной профилактики. Трудоемкость и продолжительность ремонта. Периодичность внезапных отказов. Периодичность между отказами (кроме первых отказов). Суммарный простой в текущем ремонте и при малой наработке.	Экспоненциальное	S_B	I тип

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Техническая эксплуатация автомобилей : учебник для вузов / Е. С. Кузнецов и др. - М.: Наука, 2001. – 535 с.
 2. Кендалл, М. Теория распределений : пер. с англ. / М. Кендалл, А. Стюарт. - М.: Мир, 1966. – 588 с.
 3. Бендат, Дж. Прикладной анализ случайных данных : пер. с англ. / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
 4. Попов, А. В. Разработка метода построения негауссовских статистических моделей экспериментальных данных / А. В. Попов, И. Н. Колесник // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2009. - № 3 (37). - С. 33-39.
 5. Хан, Г. Статистические модели в инженерных задачах : пер. с англ. / Г. Хан, С. Шапиро. – М.: Мир, 1969. – 395 с.

6. Бостанджиян В. А. Распределение Пирсона, Джонсона, Вейбулла и обратное нормальное. Оценивание их параметров. – Черноголовка: Редакционно-издательский отдел ИПХФ РАН. - 2009. – 240 с.
 7. Карпов, И. Г. Модифицированные распределения Джонсона и их применение для аппроксимации законов распределения экспериментальных данных / И. Г. Карпов, Ю. Т. Зырянов, А. Н. Грибков. // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 322. – № 2. – С. 46–50.
 8. Корчагин, В. А. Математическая модель выбора рациональных режимов технического обслуживания автомобилей / В. А. Корчагин, В. И. Игнатенко // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 8. – С. 36-41
 9. Диагностика и техническое обслуживание машин : учебник для вузов / А. Д. Ананьин

и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 432 с.

10. Чебоксаров, А. Н. Достоверность как критерий эффективности диагностирования

транспортных и технологических машин // Вестник СибАДИ. – 2016. – Вып. 5 (51). – С. 89–94.

APPLICATION OF NONGAUSSIAN STATISTICAL MODELS IN THE PROBLEMS OF TECHNICAL OPERATION OF VEHICLES

V.A. Korchagin, V.I. Ignatenko, D.K. Sysoev

Abstract. *The basic methods for approximating the elementary functions of the probability distribution density of a random sample from the general set of statistical material used in the field of operational reliability of cars are analyzed. It was proposed to use the Johnson and Pearson distribution systems to describe non-Gaussian experimental data, which allow us to describe practically any unimodal distributions. The effectiveness of the use of these distribution systems was investigated by statistical modeling. Results of approbation of statistical models on real data are presented.*

Keywords: *elementary functions, statistical model, non-Gaussian distribution, method of moments, automobile.*

REFERENCES

1. Tehnicheskaja jekspluatacija avtomobilej [Technical exploitation of cars]. Moscow, Nauka, 2001, 535 p.

2. Kendall M., Stjuart A. Teorija raspredelenij [Theory of distributions]. Moscow, Mir, 1966, 588 p.

3. Bendat Dzh., Pirsol A. Prikladnoj analiz sluchajnyh dannyh [Applied Analysis of Random Data]. Moscow, Mir, 1989, 540 p.

4. Popov A.V., Kolesnik I.N. Razrabotka metoda postroenija negaussovskih statisticheskikh modelej jeksperimental'nyh dannyh [Development of a method for constructing non-Gaussian statistical models of experimental data]. Radio-electronic and computer systems, 2009, no. 3 (37), pp. 33-39.

5. Han G., Shapiro S. Statisticheskie modeli v inzhenernyh zadachah [Statistical models in engineering problems]. Moscow, Mir, 1969, 395 p.

6. Bostandzhijan V. A. Raspredelenie Pirsona, Dzhonsona, Vejbul'a i obratnoe normal'noe. Ocenivanie ih parametrov [Distribution of Pearson, Johnson, Weibull and the inverse normal. Evaluation of their parameters]. Chernogolovka, Editorial and Publishing Department of IPCP RAS, 2009, 240 p.

7. Karpov I. G., Zyrjanov Ju. T., Gribkov A. N. raspredelenija Dzhonsona i ih primenenie dlja approssimacii zakonov raspredelenija jeksperimental'nyh dannyh [Modified Johnson distributions and their application for approximating the distribution laws of experimental data]. Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, 2013, T. 322,

no. 2, pp. 46-50.

8. Korchagin V.A., Ignatenko V.I. Matematicheskaja model' vybora racional'nyh rezhimov tehničeskogo ob-sluzhivanija avtomobilej [A mathematical model of the choice of rational modes of technical maintenance of cars]. Agrarian Scientific Journal, 2016, no. 8, pp. 36-41.

9. Diagnostika i tehničeskoe obsluzhivanie mashin: uchebnik dlja vuzov [Diagnostics and maintenance of cars: a textbook for universities]. Moscow, «Akademiya» Publishing Center, 2008, 432 p.

10. Cheboksarov, A. N. Reliability as a criterion for the efficiency of diagnosing transport and technological machines [Dostovernost' kak kriterij jeffektivnosti diagnostirovanija transportnyh i tehnologičeskikh mashin]. Vestnik SibADI, 2016, no. 5 (51), pp.89-94.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Виктор Алексеевич Корчагин (Россия, Липецк) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление автомобильным транспортом» ФГБОУ ВО «Липецкий ГТУ» (398600, г. Липецк, ул. Московская, 30, e-mail: kafedrauat@mail.ru).

Viktor Alekseevich Korchagin (Russia, Lipetsk) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department “Motor Transport Management” FGBOU VO “Lipetsk GTU” (398600, Lipetsk, 30, Moskovskaya St., e-mail: kafedrauat@mail.ru).

Владимир Ильич Игнатенко (Россия, Липецк) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Управление автомобиль-

ным транспортом» ФГБОУ ВО «Липецкий ГТУ» (398600, г. Липецк, ул. Московская, 30, e-mail: kafedrauat@mail.ru).

Vladimir Ilyich Ignatenko (Russia, Lipetsk) – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Automobile Transport Management, FGBOU VO “Lipetsk GTU” (398600, Lipetsk, 30 Moskovskaya St., e-mail: kafedrauat@mail.ru).

Дмитрий Константинович Сысоев (Россия, Пятигорск) – кандидат технических наук, доцент, доцент Института сервиса,

туризма и дизайна (филиал) ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет (СКФУ)» (357500, г. Пятигорск, ул. Ермолова 46, 7 корпус, строение А e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

Dmitriy Konstantinovich Sysoev (Russia, Pyatigorsk) – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Institute of Service, Tourism and Design (branch) of the Federal North-Caucasian Federal University (357500, Pyatigorsk, Yermolov Str. Building, building A e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).



УДК 629.3.02

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ПЛАВНОСТЬ ХОДА ПРИЦЕПА БОЛЬШОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ С ТАНДЕМНЫМИ ОСЯМИ

В.Ю. Костюк, Е.Ю. Липатов

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

Аннотация: Статья посвящена оценке влияния эксплуатационных факторов и конструктивных параметров прицепа большой грузоподъемности с tandemными осями на такие оценочные показатели как: среднеквадратическое отклонение вертикальных линейных и продольно-угловых ускорений подрессоренных частей. В статье по силе влияния проранжированы эксплуатационные факторы и конструктивные параметры, которые оказывают влияние на оценочные показатели. Проведен детальный анализ влияния каждого из эксплуатационного фактора и конструктивного параметра на вертикальные линейные и продольно-угловые ускорения подрессоренных частей.

Ключевые слова: прицеп, tandemные оси, эксплуатационные факторы, конструктивные параметры, планирование эксперимента.

Современные методы организации перевозок грузов предполагают использование автотранспортных средств большой грузоподъемности, для чего вместе с грузовыми автомобилями применяют прицепные звенья. В последние годы большое распространение получили прицепы с tandemными осями. Преимущества использования прицепов данной компоновки очевидны: во-первых, имеется возможность комбинировать прицеп с различными автомобилями-тягачами, во-вторых, устойчивость прицепа с tandemными осями против возникновения поперечных колебаний выше, чем у одноосных прицепов или прицепных звеньев с разнесенными осями и, в-третьих, сокращается количество шарнирных соединений и, как следствие, повышается маневренность автомобильного поезда.

Наибольшее количество прицепов с tandemными осями выпускается зарубежными производителями прицепной техники. С учетом новых тенденций отечественные производители прицепной техники также расширяют модельные ряды за счет данного вида транспортных средств. При этом анализ существующих моделей прицепов показал, что область их применения очень обширна, а именно: при перевозке сыпучих грузов с высокой плотностью, при перевозке грузов контейнерами и при перевозке скоропортящихся или хрупких грузов.

Целостность груза, долговечность рамы и осей определяется внешними силовыми факторами, которые зависят от режимов эксплуатации (скорость движения и масса перевозимого груза) и состояния дорожного покрытия (длина неровности и высота неровности). Поэ-

Таблица 1
УРОВНИ ВАРЬИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИЦЕПА БОЛЬШОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ С ТАНДЕМНЫМИ ОСЯМИ

Наименование параметра	Обозначение -1,94		Уровни варьирования					Границы параметров		Шаг
			-1	0	1	1,94	min	max		
Скорость движения автопоезда	V	x ₁	11,11	14,69	18,06	21,64	25	11,11	25	3,58
Длина неровности	L _n	x ₂	6,5	12,56	18,26	24,32	30	6,5	30	6,06
Высота неровности	h _n	x ₃	0,006	0,011	0,015	0,02	0,024	0,006	0,024	0,004
Масса прицепа	M _p	x ₄	6500	9464	12250	15214	18000	6500	18000	2964
Высота сцепки	h _c	x ₅	0,425	0,54	0,64	0,75	0,86	0,425	0,86	0,11
База прицепа	L _p	x ₆	5,2	5,56	5,9	6,26	6,6	5,2	6,6	0,36

тому с целью повышения долговечности рамы, осей прицепа и повышения его эффективности необходимо провести исследования плавности хода в различных режимах эксплуатации.

Обзор научно-технической литературы показал, что на современном этапе достаточно полно исследованы эксплуатационные качества одноосных прицепов [1, 2, 3, 4], двухосных прицепов [5] и полуприцепов [6]. Вопросы исследования эксплуатационных свойств прицепа с тандемными осями не затрагиваются. Вместе с тем использование результатов исследований, полученных для одноосных прицепов, двухосных прицепов и полуприцепов, может привести к существенным погрешностям, как при проектировании, так и при выборе эксплуатационных режимов прицепа.

Обозначим ключевые моменты проведения эксперимента при оценке влияния эксплуатационных факторов и конструктивных параметров на плавность хода прицепа большой грузоподъемности с тандемными осями. В качестве оцениваемых параметров были выбраны среднеквадратическое отклонение линейных вертикальных ускорений и среднеквадратическое отклонение продольно-угловых ускорений подрессоренных частей прицепа. Исследования проводились с помощью метода планирования эксперимента, т.к.

данный метод характеризуется системным подходом при оценке влияния внешних факторов на оценочный показатель. А расчеты выполнялись на апробированной математической модели прицепа с тандемными осями [7], которая позволяла определить вертикальные линейные перемещения и продольно-угловые перемещения подрессоренных масс с учетом наличия неподдресоренных частей.

Выбор эксплуатационных факторов, оказывающих влияние на оцениваемые показатели, ограничился скоростью движения автомобильного поезда, длиной неровности дороги, дисперсией высот неровностей дороги, полной массой прицепа. К перечисленным эксплуатационным факторам были добавлены конструктивные параметры автопоезда, а именно: высота сцепки и величина колесной базы прицепа. Уровни варьирования факторов, величина «звездного плеча» и шаг варьирования приведены в табл. 1.

В результате проведения расчетного эксперимента были получены уравнения регрессии (1, 2), позволяющие оценить влияние эксплуатационных факторов и конструктивных параметров прицепа с тандемными осями на среднеквадратическое отклонение вертикальных ускорений и продольно-угловых ускорений его подрессоренных частей.

$$\begin{aligned}
 y(z) = & 0,945 + 0,14 \cdot x_1 - 0,215 \cdot x_2 + 0,141 \cdot x_3 - 0,146 \cdot x_4 + 0,01 \cdot x_6 - 0,075 \cdot x_1^2 - \\
 & - 0,057 \cdot x_2^2 - 0,033 \cdot x_3^2 + 0,042 \cdot x_4^2 - 0,019 \cdot x_5^2 - 0,017 \cdot x_6^2 - 0,016 \cdot x_1 x_2 + 0,02 \cdot x_1 x_3 + \\
 & - 0,043 \cdot x_1 x_4 + 0,026 \cdot x_1 x_6 - 0,035 \cdot x_2 x_3 + 0,046 \cdot x_2 x_4 - 0,004 \cdot x_2 x_6 - 0,02 \cdot x_3 x_4 + \\
 & + 0,001 \cdot x_3 x_6 + 0,006 \cdot x_4 x_6
 \end{aligned}$$

(1)

$$\begin{aligned}
 y(z) = & 0,945 + 0,14 \cdot x_1 - 0,215 \cdot x_2 + 0,141 \cdot x_3 - 0,146 \cdot x_4 + 0,01 \cdot x_6 - 0,075 \cdot x_1^2 - \\
 & - 0,057 \cdot x_2^2 - 0,033 \cdot x_3^2 + 0,042 \cdot x_4^2 - 0,019 \cdot x_5^2 - 0,017 \cdot x_6^2 - 0,016 \cdot x_1 x_2 + 0,02 \cdot x_1 x_3 + \\
 & - 0,043 \cdot x_1 x_4 + 0,026 \cdot x_1 x_6 - 0,035 \cdot x_2 x_3 + 0,046 \cdot x_2 x_4 - 0,004 \cdot x_2 x_6 - 0,02 \cdot x_3 x_4 + \\
 & + 0,001 \cdot x_3 x_6 + 0,006 \cdot x_4 x_6
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Качественный анализ влияния эксплуатационных факторов и конструктивных параметров прицепа с тандемными осями на среднеквадратическое отклонение линейных вертикальных ускорений и среднеквадратическое отклонение продольно-угловых ускорений поддресоренных частей можно выполнить с помощью коэффициентов b_i полиномов (1, 2). Так положительная величина коэффициента указывает на негативное влияние фактора на оцениваемый показатель, отрицательная величина, напротив, на положительный эффект.

Обращаясь к полиному (1) нетрудно заметить, что к увеличению среднеквадратического отклонения вертикальных линейных ускорений приводит рост скорости движения прицепа с тандемными осями, дисперсии ординат неровностей и колесной базы прицепа. И наоборот снижают величину среднеквадратического отклонения ускорений: длина неровности и полная масса прицепа. Среднеквадратическое отклонение продольно-угловых ускорений поддресоренных частей прицепа

с тандемными осями (2) увеличивается с ростом величины следующих эксплуатационных факторов и конструктивных параметров: скорость движения прицепа, средняя длина неровности, дисперсия ординат неровностей, полная масса прицепа и колесная база.

Перейдем от качественного сравнения силы влияния эксплуатационных факторов и конструктивных параметров к их количественному анализу. Для наглядности зависимости среднеквадратических отклонений линейных вертикальных и продольно-угловых ускорений показаны на рисунках 1 и 2.

Расчетами первой производной полинома (1) по скорости движения прицепа установлено, что максимальное значение среднеквадратического отклонения линейных вертикальных ускорений наблюдается при величине $x_7=0,93$. Что соответствует движению прицепа с параметрами $h_c=0,64$ м и $L_p=5,9$ м со скоростью 77 км/ч по участку дороги с неровностями длиной 18,26 м, среднеквадратическим отклонением высот неровностей 0,015 м.

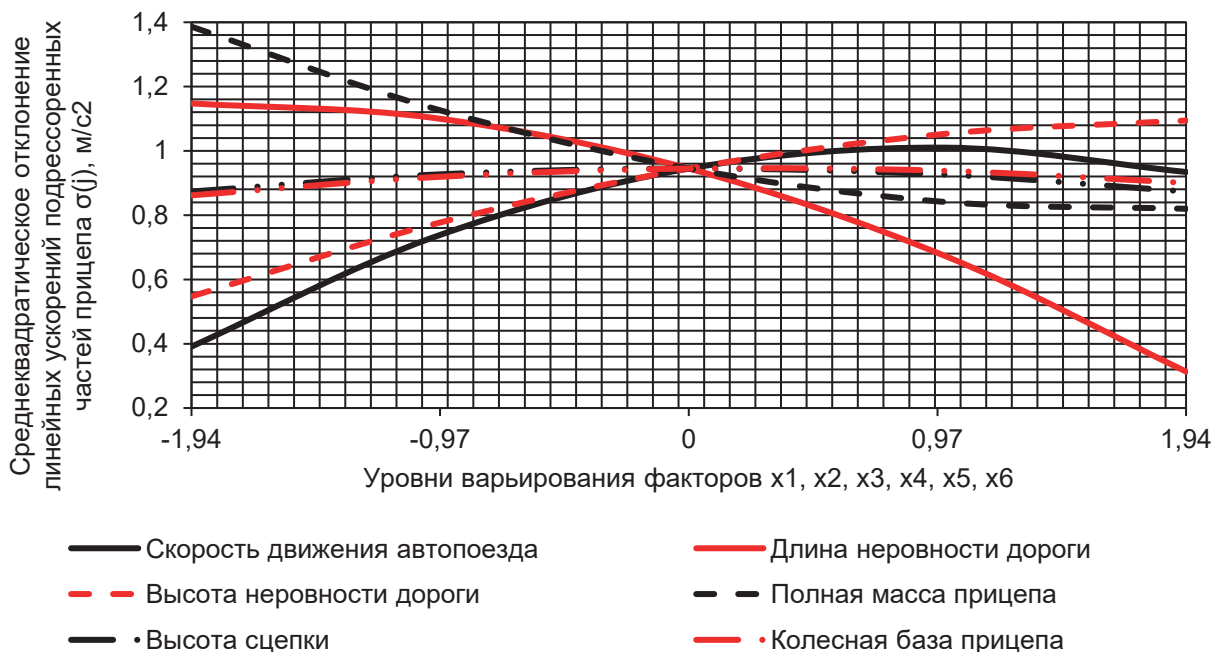


Рис. 1. Зависимость среднеквадратического отклонения вертикальных линейных ускорений поддресоренных частей прицепа с тандемными осями

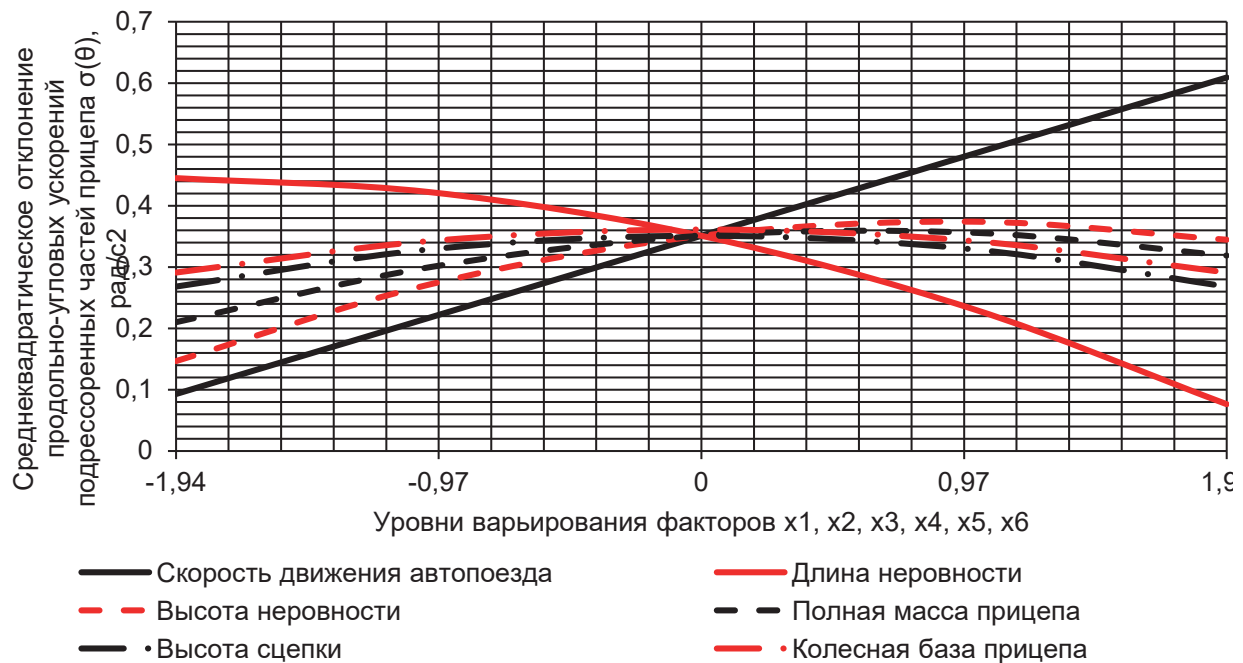


Рис. 2. Зависимость среднеквадратического отклонения продольно-угловых ускорений подрессорных частей прицепа с тандемными осями



Рис. 3. Амплитудно-частотные характеристики вертикальных линейных ускорений подрессорных частей прицепа с тандемными осями

Рассмотрим амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) линейных вертикальных ускорений подрессорных частей прицепа с тандемными осями, которые приведены на графике рисунок 3. Хорошо видно, что величины АЧХ вертикальных линейных ускорений подрессорных частей прицепа с тандемными осями при скоростях движения 77 км/ч и 90 км/ч на частоте 0,5 Гц практически равны.

Однако, в диапазоне частот 2...4 Гц АЧХ вертикальных линейных ускорений при скорости движения 77 км/ч имеет три максимальных значения. В то время как АЧХ вертикальных линейных ускорений при скорости движения 90 км/ч – один. Ординаты АЧХ вертикальных линейных ускорений при скорости движения 40 км/ч значительно меньше ординат АЧХ при скоростях движения 77 км/ч и 90 км/ч.

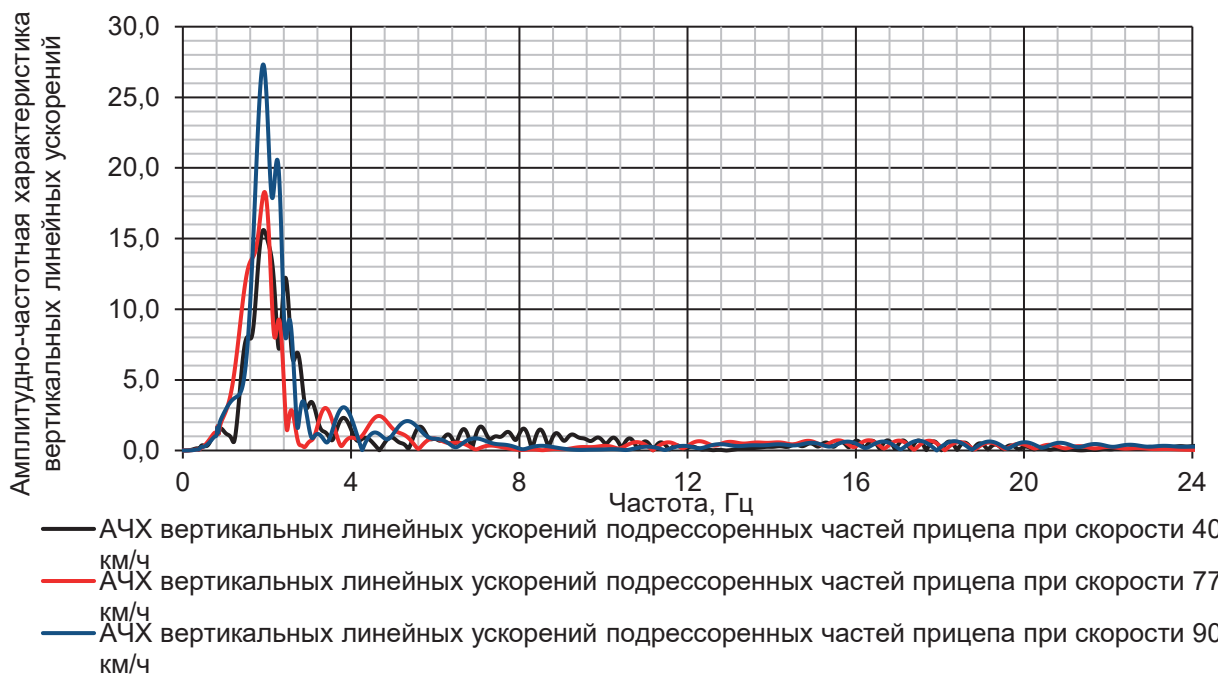


Рис. 4. Амплитудно-частотные характеристики вертикальных линейных поддрессоренных частей прицепа с тандемными осями

Таким образом, при эксплуатации прицепа с тандемными осями с параметрами $h_c=0,64$ м и $L_p=5,9$ м на участке дороги с неровностями длиной 18,26 м, среднеквадратическим отклонением высот неровностей 0,015 м следует избегать скоростей 75-80 км/ч.

Несколько иной характер влияния фактор оказывает на величину среднеквадратического отклонения продольно-угловых ускорений, а именно зависимость среднеквадратического отклонения продольно-угловых ускорений носит линейный характер. Причиной этого является увеличение абсолютных значений ординат АЧХ продольно-угловых ускорений поддрессоренных частей прицепа с тандемными осями, что наглядно демонстрирует рисунок 4. Следовательно, единственным способом снижения величины продольно-угловых ускорений является снижение скорости движения прицепа.

Длина неровности определяет положение пика спектральной плотности внешнего воздействия на поддрессоренные части прицепа с тандемными осями. Так с увеличением длины неровности снижается значение частоты, на которой наблюдается пик. Это приводит к смещению максимального спектра в правую сторону – в окрестность точки ноль. Обращая внимание на амплитудно-частотные характе-

ристики ускорений поддрессоренных масс, не трудно заметить нечувствительность колебательной системы прицепа к внешнему воздействию в начале системы координат – в окрестностях точки ноль. Таким образом, увеличение длины неровности приводит к тому, что в области низких частот внешнее воздействие практически не вызывает колебаний поддрессоренных масс прицепа с тандемными осями.

Возвращаясь к уравнениям регрессии (1, 2) видим, что увеличение длины неровности способствует снижению среднеквадратических отклонений вертикальных линейных и продольно-вертикальных ускорений поддрессоренных масс прицепа с тандемными осями. Это не противоречит выше приведенному утверждению. Однако сила влияния длины неровности на оцениваемые показатели различна. Например, коэффициент перед фактором x_2 в выражении (1) в 2,2 раза больше коэффициента перед фактором x_2 в выражении (2). А отношение коэффициентов b_{22} при квадрате фактора x_2 равно 2,1. Внешние виды кривых $\sigma_{jz}(x_2)$ и $\sigma_{j\theta}(x_2)$ показаны на рисунках 1 и 2.

Как и следовало ожидать, среднеквадратическое отклонение высот неровностей приводит к увеличению величин вертикальных линейных и продольно-угловых ускорений поддрессоренных частей прицепа. В частности,

увеличение среднеквадратического отклонения ординат высот неровностей с 0,015 м до 0,024 м приводит к росту среднеквадратического отклонения вертикальных линейных ускорений на 14,7 %, а среднеквадратического отклонения продольно-угловых ускорений – на 5,7 %.

Влияние полной массы прицепа на среднеквадратическое отклонение вертикальных линейных ускорений подрессоренных частей прицепа с тандемными осями графически показано на рисунке 1. Видно, что ветви параболы $\sigma_{jz}(x_4)$ направлены вверх, а минимальное значение среднеквадратического отклонения вертикальных линейных ускорений находится в интервале $x_4 \in [0,97; 1,94]$. Для определения точки экстремума найдем первую производную выражения $\sigma_{jz}(x_4)$ и приравняем ее нулю. Решением первой производной выражения $\sigma_{jz}(x_4)$ явилась величина $x_4 = 1,74$, при которой наблюдается минимальное среднеквадратическое отклонение вертикальных линейных ускорений. Данному значению уровня варьирования x_4 соответствует величина конструктивного параметра $M_p = 17,5$ т, что на 3,3 % ниже максимальной полной массы $M_p = 18$ т. Это позволяет сделать вывод о том, что повысить плавность хода прицепа с тандемными осями возможно путем расчета оптимальной величины его полной массы.

Несколько иной характер влияния полной массы прицепа с тандемными осями имеется на среднеквадратическое отклонение продольно-угловых колебаний подрессоренных масс. В рассматриваемом диапазоне изменения фактора x_4 минимальная величина среднеквадратического отклонения продольно-угловых ускорений характерно для минимальной полной массы прицепа. Изменение полной массы прицепа с 6,5 т до 14,0 т приводит к увеличению среднеквадратического отклонения на величину 0,15 рад/с² или на 75 %. В точке $x_4 = 0,61$ происходит перегиб кривой $\sigma_{j\theta}(x_4)$ и дальнейший рост полной массы прицепа, напротив, снижает величину среднеквадратического отклонения продольно-угловых ускорений до значения 0,31 рад/с².

Обратим внимание на значение полной массы прицепа $x_4 = 1,74$, при котором среднеквадратическое отклонение вертикальных линейных ускорений минимально, и рассчитаем для него с помощью выражения (2) среднеквадратического отклонения продольно-угловых ускорений. В результате среднеквадратическое отклонение продольно-угловых ускорений при $x_4 = 1,74$ равно 0,33 рад/

с², что на 5,7 % ниже максимального значения с полной массой 14,0 т. Таким образом, полную массу 17,5 т можно считать оптимальной с учетом величин среднеквадратического отклонения вертикальных линейных ускорений и среднеквадратического отклонения продольно-угловых ускорений.

Наименьшее влияние на среднеквадратические отклонения вертикальных линейных и продольно-угловых ускорений оказывает такой конструктивный параметр как высота установки тягово-сцепного устройства. Причем необходимо отметить, что величина максимальных значений $\sigma_{jz}(x_5)$ и $\sigma_{j\theta}(x_5)$ находится в точке $x_5 = 0$. Это указывает на то, что низкое или высокое расположение точки сцепки в одинаковой степени приводят к снижению среднеквадратических отклонений вертикальных линейных и продольно-угловых ускорений. Также отсутствуют парные взаимодействия эксплуатационных факторов с данным параметром. Поэтому дать какие-либо рекомендации по выбору данного параметра трудно.

Рассмотрим влияние конструктивного параметра колесная база прицепа x_6 на среднеквадратические отклонения вертикальных линейных и продольно-угловых ускорений подрессоренных частей прицепа с тандемными осями. Изменение колесной базы прицепа с 5,9 до 6,6 м приводит к снижению среднеквадратических отклонений вертикальных линейных и продольно-вертикальных ускорений на 4,7 % и 3,3 %, соответственно. Вместе с тем при колесной базе прицепа 5,2 м среднеквадратические отклонения вертикальных линейных и продольно-вертикальных ускорений составляет 0,86 м/с² и 0,23 рад/с². Это ниже значений $\sigma_{jz}(x_6)$ и $\sigma_{j\theta}(x_6)$ в центре плана на 8,8 % и на 35,3 %. Сравнивая полученные данные роста и снижения величин $\sigma_{jz}(x_6)$ и $\sigma_{j\theta}(x_6)$ нетрудно заметить, что лучшая плавность хода будет обеспечена прицепом с тандемными осями с меньшей колесной базой.

Проведенный анализ оценки влияния эксплуатационных факторов и конструктивных параметров прицепа большой грузоподъемности с тандемными осями показал, что влияние факторов и параметров носит разнонаправленный характер на среднеквадратические отклонения вертикальных линейных и продольно-угловых ускорения. Поэтому выбор оптимальных величин эксплуатационных факторов и конструктивных параметров прицепа с тандемными осями, при которых будет обеспечен высокий уровень плавности хода, в процессе эксплуатации автотранспортного

средства вызывает определенные трудности. Так как инженеру приходится решать задачу выбора оптимальных режимов эксплуатации автотранспортных средств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Железнов, Е.И. Эффективность торможения малотоннажных автопоездов : учеб. пособие / Е.И. Железнов. – Волгоград. гос. техн. ун-т. – Волгоград. – 2005. – 99 с.
2. Королев, В.А. Исследование эксплуатационных качеств автомобильных одноосных прицепов: дис. канд. техн. наук / В.А. Королев. – М., 1964. – 201 с.
3. Математическое моделирование движения малотоннажного автопоезда по участку дороги со случайным профилем // Известия ВолгГТУ. Сер. Наземные транспортные системы / А.В. Шустов [и др.]; под редакцией Ю.Я. Комарова. – Волгоград, 2011. – № 12. – С. 64-68.
4. Шустов, А.В. Математическое моделирование движения малотоннажного автопоезда

по участку дороги с волнообразным продольным профилем / А.В. Шустов, Ю.Я. Комаров, Е.Ю. Липатов // Транспортные и транспортно-технологические системы : матер. междунар. науч.-техн. конф. – ГОУ ВПО «Тюменский гос. нефтегаз. ун-т», 2011. – С. 311-316.

5. Шестаков, И.Н. Расчет проектируемого двухосного автомобильного прицепа с поворотным кругом на устойчивость движения с применением АВМ : дисс. канд. техн. наук / И.Н. Шестаков. – М., 1984. – 189 с.

6. Кувшинов, В.В. Исследование плавности хода седельных автопоездов: дис. канд. техн. наук / В.В. Кувшинов. – Москва, 1981. – 178 с.

7. Костюк, В.Ю. Математическая модель прицепного звена большой грузоподъемности с тандемными осями / Костюк В.Ю., Рубцов И.С. // Научно-практический журнал «Аспирант» №10, 2016. – С. 29-30.

8. Силаев, А.А. Спектральная теория подпрессоривания транспортных машин : монография / А.А. Силаев. – изд. 2-е, переработ. и доп. – М.: Машиностроение. – 1972. – 192 с.

EVALUATION OF THE EFFECT OF OPERATIONAL FACTORS ON THE SMOOTHNESS OF THE TRAILER HEAVY-DUTY TANDEM AXLES

V. Kostuk, E. Lipatov

Abstract. *the Article is devoted to assessing the impact of operational factors and design parameters of the trailer heavy-duty tandem axles to such performance indicators as: the standard deviation of the vertical linear and linear-angular accelerations of the sprung parts. In the article on the impact of ranked operational factors and design parameters that influence the performance indicators. The detailed analysis of the impact of each performance factor and design parameter on the vertical linear and linear-angular acceleration of the sprung parts.*

Key words: *trailer, tandem axle, performance factors, design parameters, design of experiments.*

REFERENCES

1. Zheleznov, E. I. Jeffektivnost' tormozhenija malotonnazhnyh avtopoezdov [Efficiency of braking of low-tonnage road trains]. Volgograd, 2005, 99 p.
2. Korolev, V. A. Issledovanie jekspluatacionnyh kachestv avtomobil'nyh jednoosnyh pricepov [Probe of operational qualities of automobile monoaxial trailers]. Candidate's thesis. Moscow, 1964, 201 p.
3. Shustov A. V., Ganzin S.V., Komarov Ju. Ja., Lipatov E. Ju. Matematicheskoe modelirovanie dvizhenija malotonnazhnogo avtopoezda po uchastku dorogi so sluchajnym profilom

[Mathematical modeling of the movement of the low-tonnage road train on the section of the road with a casual profile]. Izvestija VolgGTU. Ser. Nazemnye transportnye, 2011, № 12, pp. 64-68.

4. Shustov A.V., Komarov Ju. Ja., Lipatov E. Ju. Matematicheskoe modelirovanie dvizhenija malotonnazhnogo avtopoezda po uchastku dorogi s volnoobraznym prodol'nym profilom [Mathematical modeling of the movement of the low-tonnage road train on the section of the road with a wavy longitudinal profile]. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Transportnye i transportno-tehnologicheskie sistemy» [Materials of the international scientific

and technical conference «Transport and transport and technological systems ». Tyumen, 2011, pp 311-316.

5. Shestakov I. N. Raschet proektiruемого duhosnogo avtomobil'nogo pricepa s povorotnym krugom na ustojchivost' dvizhenija s primeneniem AVM [Calculation of the designed full automobile trailer with the turntable on stability of the movement with application of AVM]. Candidate's thesis, Moscow, 1984, 189 p.

6. Kuvshinov V. V. Issledovanie plavnosti hoda sedel'nyh avtopoezdov [Research of smoothness of the course of saddle road trains]. Candidate's thesis, Moscow, 1981, 178 p.

7. Kostjuk, V. Ju., Rubcov I.S. Matematicheskaja model' pricepnogo zvena bol'shoj gruzopod'emnosti s tandemnymi osjami [Mathematical model of a hook-on link of big loading capacity with tandem axes]. Scientific and practical magazine «Aspirant», 2016, no. 10, pp. 29-30.

8. Silaev, A.A. Spektral'naja teorija podressorivaniya transportnyh mashin [Spectral theory of a podressorivaniye of transport vehicles]. Moscow, Mechanical engineering, 1972, 192 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Костюк Владимир Юрьевич (Россия, Волгоград) – магистр Волгоградского государственного технического университета (e-mail: wowikkostuk@mail.ru).

Kostyuk Vladimir Yuryevich (Russian Federation, Volgograd) master of the Volgograd state technical university (e-mail: wowikkostuk@mail.ru).

Липатов Евгений Юрьевич (Россия, Волгоград) – доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры Автомобильный транспорт Волгоградского государственного технического университета (400005, Россия, Волгоград, пр. Ленина 28, ЛК-214, e-mail: elpat@mail.ru).

Lipatov Evgeny Yuryevich (Russian Federation, Volgograd) – Ass. professor, Ph. D. in Technical Sciences, ass. professor of the Department of road transport Volgograd state technical University (400005, Russian Federation, Volgograd, Lenin av., 28, LK-214, e-mail: elpat@mail.ru).

УДК 656.09

РАЗМЕЩЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ УТИЛИЗАЦИИ АВТОТРАНСПОРТА В УРАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

*Е.Ю. Кузнецова, А.А. Акулова, Г.А. Маркин, Е.О. Юферова
УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г.Екатеринбург, Россия*

Аннотация. В статье приводится статистика о состоянии перерабатывающей промышленности в Свердловской области, в том числе о предприятиях, занятых в переработке автомобилей и их отходов. В статье проанализирована тенденция выбытия автомобилей из эксплуатации. В статье предлагается система факторов, определяющих размещение инфраструктурных объектов системы утилизации. На основе гравитационной модели построены картосхемы плотности расселения и отходаобразования, служащие основанием для выбора места размещения крупных заводов по переработке транспорта.

Ключевые слова: утилизация автоотходов, методика размещения объектов, авторециклинг, возвратная логистика.

ПРЕДПОСЫЛКИ К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ АВТОРЕЦИКЛИНГА В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В России система утилизации автотранспортных средств только начинает формироваться, наибольший прогресс в решении этой проблеме достигнут в Москве и Московской

области. На сегодняшний день ряд ведущих вузов столицы ведет исследования [1, 2, 3] в области утилизации транспортных средств, предлагая организационные и экономико-математические модели системы «авторециклинга».

Созданная одной из первых система утилизации транспорта в Москве включает 3600

Таблица 1
ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ,
ПОДЛЕЖАЩИХ УТИЛИЗАЦИИ В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Год	Численность населения	Число зарегистрированных транспортных средств	Число автомобилей, подлежащих утилизации
2012	4 307 594	1 308 647	52346
2013	4 315 830	1 349 128	53965
2014	4 320 677	1 381 752	55270
2015	4 327 427	1 530 627	61225
2016	4 330 006	1 591 963	63679

организаций, осуществляющих разные виды работ с автоотходами, среди которых присутствуют предприятия занятые только в сборе и транспортных услугах, предприятия перерабатывающие автомобили целиком или по видам отходов (материалов).

Авторы монографии [4] в своем исследовании приводят данные ГИБДД МВД России о количестве автомобилей, выводимых из эксплуатации в год, согласно которым в среднем 4% от общего числа транспортных средств подлежат утилизации. С учетом количества транспортных средств, период эксплуатации которых превышает 10 лет, к 2020 году ожидается, что эта цифра увеличится до 6%. Таким образом, используя статистические данные по Свердловской области можно получить число автомобилей, подлежащих утилизации в динамике за последние 5 лет (таблица 1).

Как можно заметить, ежегодные объемы переработки автоотходов по Свердловской области примерно соответствуют производственной мощности системы «Авторециклинг» в г. Москва, количество предприятий в которой значительно выше, чем на Среднем Урале. Из чего можно сделать вывод о необходимости создания системы утилизирующих предприятий в Свердловской области, охватывающей все виды автоотходов и позволяющей добиться значительного ресурсосберегающего эффекта.

На начало 2016 года в Свердловской области зарегистрировано около 100 предприятий в перерабатывающей отрасли, среди которых только 42 % перерабатывают материалы, входящие в состав автотранспортных средств. Лицензию на утилизацию транспортных средств и предоставление сертификатов последним владельцам автомобилей имеют только 2 предприятия, расположенные в городе Екатеринбург, из чего следует, что для

жителей области данная услуга малодоступна и требует значительных временных и транспортных затрат. Данные относительно типов перерабатываемых материалов, полученные с официальных сайтов предприятий, представлены на рисунке 1. Приведенная диаграмма иллюстрирует долю предприятий, занятых в переработке различных материалов.

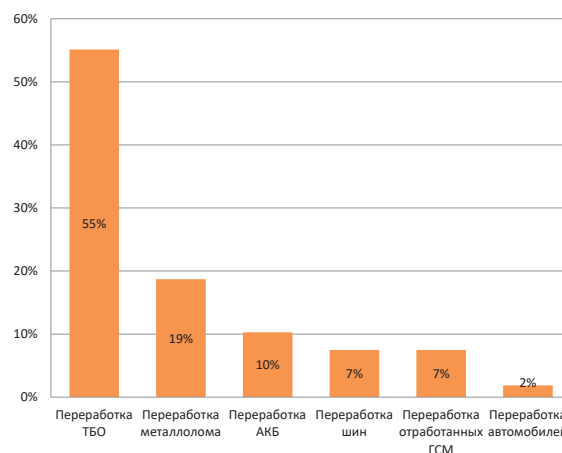


Рис. 1. Распределение предприятий, занятых в переработке по видам материалов

В процессе сбора информации было выявлено и отражено в распределении, что в Свердловской области отсутствуют предприятия, перерабатывающие автомобильный пластик и стекло. Также было выявлено, что большинство предприятий, занятых в перерабатывающей отрасли, предоставляют услуги по транспортировке и сбору отходов.

Отсутствие лицензированных предприятий утилизации транспортных средств приводит к накоплению вышедших из эксплуатации автомобилей на общественных территориях, в частных жилых секторах, кроме того значительная часть автомобилей попавших в ДТП и не подлежащих восстановлению скапливают-

ся на штрафных стоянках, на мусорных полигонах, на территориях транспортных предприятий.

Следовательно, создание единой системы утилизации транспортных средств на территории области позволит значительно улучшить экологическую ситуацию, способствуя обновлению автопарки, снижению загрязнения почв и вод, повышению доли ресурсосберегающих технологий.

Исходя из написанного выше, проблему можно сформулировать следующим образом: в Свердловской области растет число автомобилей, подлежащих утилизации, что создает экологическую нагрузку на территорию. В то же время, при наличии некоторого количества утилизационных предприятий по переработке твердых бытовых отходов и металлолома, отсутствуют мощности по переработке автопластика и стекла.

Из сформулированной проблемы вытекает задача создания системы сбора и утилизации автомобилей, вышедших из эксплуатации, предполагая разделение функций между предприятиями разных типов: в систему будут входить высокотехнологичные предприятия, обеспечивающие глубокую переработку отходов, и предприятия, которые будут заниматься только сбором отходов. Последние, очевидно, должны быть размещены в зоне максимальной доступности и удобства для клиентов.

**ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ
НАИБОЛЬШЕЕ ВЛИЯНИЕ НА
РАЗМЕЩЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ
УТИЛИЗАЦИИ**

Для успешного функционирования системы утилизации автотранспорта необходимо разработать научно обоснованную методику размещения ее инфраструктурных объектов, что позволит создать благоприятные условия для внедрения принципов «зеленой» логистики и создаст положительный опыт, который мо-

жет быть использован в сфере обращения с отходами для других отраслей.

Цель предлагаемой методики размещения объектов системы утилизации состоит в том, чтобы максимально удовлетворить потребности региона в предприятиях по переработке автомобильного транспорта, минимизировав при этом транспортные затраты и обеспечив максимальную загрузку предприятий по переработке.

Историческое развитие теорий экономико-математического моделирования размещения объектов рыночного хозяйства рассматривается в [5]. Одним из первых ученых, посвятивших свою работу нахождению оптимального размещения отдельного промышленного предприятия стал В. Лаундхардт, который описал влияние транспортных издержек, принимая за основные факторы расстояния до источников сырья и сбыта.

А. Вебер в своей работе предложил расширить факторы, влияющие на оптимальное расположение предприятия и разделил их на три группы: транспортные (издержки на транспортировку сырья и готовой продукции), трудовые (размер оплаты труда), инфраструктурные (использование выгодного места размещения) [5]. Методы гравитационного размещения объектов рассматриваются в работах У. Айзарда, У. Рейли, Д. Хаффа и других ученых [6]. Данные модели принимают в качестве основного фактора плотность населения и довольно часто используются при выборе мест размещения социальных объектов и торговых предприятий [7, 8]. В работе [9] выбор мест размещения пунктов утилизации сельскохозяйственной техники основывается на численности жителей населенных пунктов и предельного радиуса сбора техники.

Функционально все утилизационные компании можно разделить на предприятия классов А и В (занятые переработкой материалов, предоставляющие комплексные услуги на рынке обращения с отходами, вовлеченные в

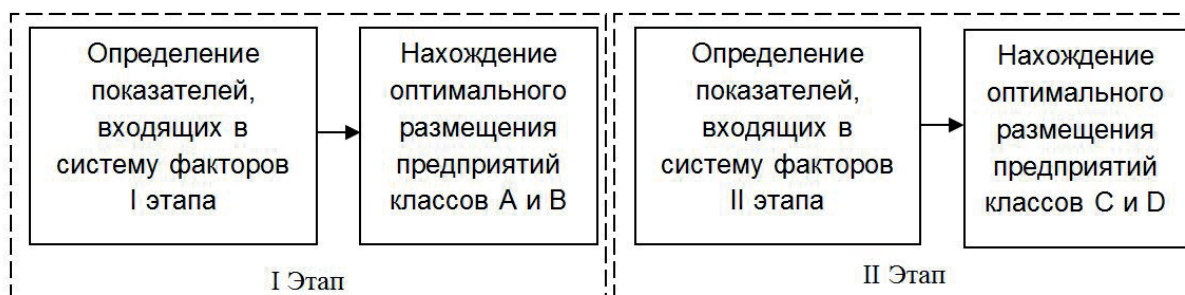


Рис. 2. Этапы решения задачи размещения предприятий утилизации

Таблица 2
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ
НА РАЗМЕЩЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ

Этап	Класс предприятия	Рекомендации	Факторы
I	A	Размещение в агломерациях мегаполисов, способных обеспечить полную загрузку производственных мощностей и достаточные площади. Транспортная доступность, т.е. близость крупных транспортных узлов, ж/д станций. Наличие достаточных земельных площадей и инфраструктуры для обеспечения операционной деятельности предприятий. Наличие по близости научно-исследовательских организаций для выполнения исследовательских проектов.	- плотность населения - транспортная доступность - производственные затраты - стоимость аренды земельного участка - стоимость трудовых ресурсов
	B	Размещение в близости крупных городов. Транспортная доступность, т.е. близость крупных транспортных узлов, ж/д станций. Наличие доступных трудовых ресурсов и необходимой инфраструктуры для ведения операционной деятельности.	
II	C	Размещение на окраинах малых и средних городов, районных центров. Наличие по близости потребителей вторичного сырья.	- транспортные затраты - топографические факторы
	D	Размещение на территориях крупных городов в доступности к поставщикам автомобильных отходов и перерабатывающих предприятий классов A и B.	

переработку большой номенклатуры материалов) и предприятия классов C и D (занятые в сборе автомобильных отходов и вышедших из эксплуатации транспортных средств, крупным демонтажем и транспортными услугами).

Предлагается рассматривать размещение объектов в два этапа: размещение предприятий по утилизации классов A и B, и размещение предприятий классов C и D [10], основываясь на разных наборах наиболее существенных факторов. Последовательность размещения объектов системы утилизации в регионе можно представить решением двухэтапной задачи, которая схематично показана на рисунке 2.

На первом этапе необходимо определить размещение крупных предприятий, предоставляющих комплексные услуги по переработке, поскольку их размещение на территории региона определяется большим набором факторов, а операционная деятельность является достаточно фондо- и ресурсоемкой. В зависи-

мости от положения крупных предприятий и их загрузки предлагается найти оптимальное расположение для компаний по утилизации автомобилей классов C и D, основным факторами для которых будут транспортные затраты.

На основе проведенного анализа исследовательских работ, посвященных поиску оптимального размещения объектов социальной инфраструктуры, торговых и промышленных объектов, предложены рекомендации к размещению каждого класса объектов и группы основных факторов, влияющих на их расположение в регионе (таблица 2).

Для экономической эффективности работы крупных предприятий необходима постоянная загрузка технологического оборудования, т.е. достаточно большие объемы автомобилей и автомобильных отходов, подлежащих переработке, которые пропорциональны населению территории. В связи с этим, на первом этапе предлагается использовать гравитационную

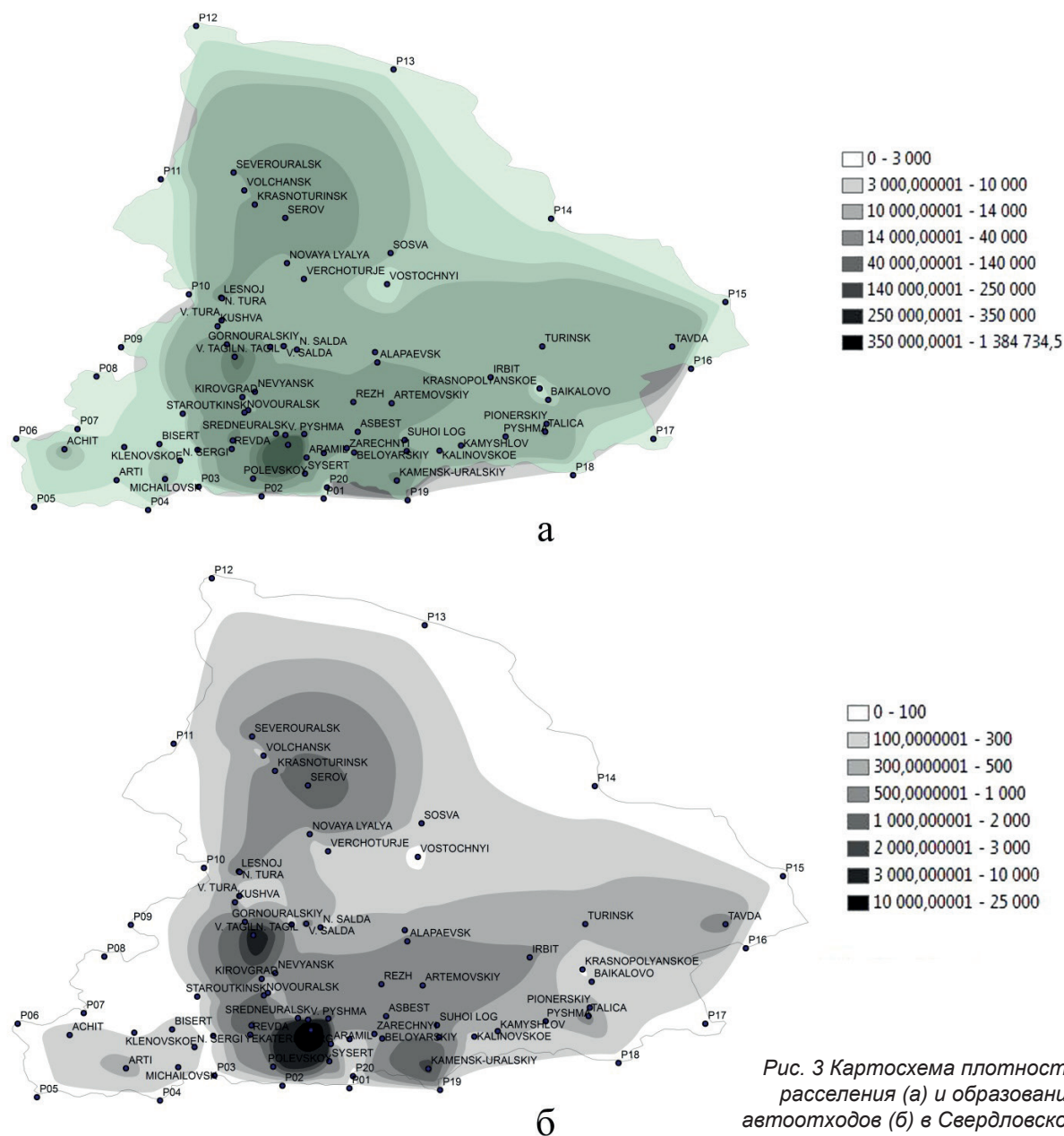


Рис. 3 Картограмма плотности расселения (а) и образования автоотходов (б) в Свердловской области

модель для определения оптимальных населенных пунктов Свердловской области.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ УТИЛИЗАЦИИ

Размещение предприятий утилизации в каждом населенном пункте является экономически не выгодным, поэтому предлагается выбрать оптимальные поселения для размещения крупных предприятий по утилизации, основываясь на потенциальном поле рассе-

ления. Задача экономико-географического исследования – установить местоположение для объектов системы утилизации в крупных населенных пунктах, с целью определения оптимальных вариантов доступа к ним населения.

Метод потенциального расселения позволяет учесть взаимное влияние близкорасположенных населенных пунктов. Математическая формула для определения гравитационного потенциала имеет вид

$$P_i = N_i + \sum_{j=1}^k \frac{N_j}{R_{ij}}$$

где P_i – потенциал населенного пункта i ; N_i – численность населения в населенном пункте i ; N_j – численность населения в пункте j ; R_{ij} – расстояние между населенными пунктами по автомобильным дорогам.

Для расчета были выбраны наиболее крупные населенные пункты Свердловской области, численность населения которых выше 3000 человек. Далее по представленной формуле были вычислены потенциалы для выбранных населенных пунктов и нанесены на карту Свердловской области. С использованием программы ArcMap была построена картосхема поля расселения Свердловской области (рисунок 3, а).

На основании данных о количестве автомобилей приходящихся на 1000 населения и проценте выбытия автотранспортных средств были рассчитаны значения автомобилей, подлежащих утилизации, для каждого населенного пункта. Основываясь на полученных данных, была построена картосхема плотности образования автоотходов (рисунок 3, б). Данные картосхемы позволяют определить населенные пункты и районы с наибольшей силой демографического тяготения.

Данные, представленные на рисунке 3, показывают, что наибольшее тяготение сосредоточено вокруг города Екатеринбурга, в пределах кольца, образованного городами Сысерть – Арамилы – Березовский – В.Пышма – Полевской. Еще один центр тяготения совпадает с г. Нижний Тагил, потенциал которого около 350 000 человек. Таким образом, 2 центра по переработке отходов от утилизации автомобилей предлагается разместить вблизи крупных городов: Екатеринбурга и Нижнего Тагила. Что касается пунктов сбора автомобильных отходов и вышедших из эксплуатации транспортных средств их размещение должно охватывать наибольшее количество автовладельцев, то есть их размещение будет определяться транспортной доступностью. Предлагается разместить такие предприятия радиально от центров утилизации, тогда учитывая расположение основных автомобильных и железнодорожных путей Свердловской области, пункты сбора могут располагаться в городах: Камышлов, Каменск-Уральский, Первоуральск, Новоуральск.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты дают возможность произвести первичную оценку привлекательности территории для расположения крупного

утилизационного предприятия. Более точное положение должно определяться с учетом факторов, приведенных в таблице 2. Например, предприятия могут быть расположены рядом с крупным железнодорожным узлом или логистическим центром, поскольку одним из ключевых факторов является транспортная доступность. В дальнейшем планируется уточнение модели для более точного позиционирования предприятий утилизации с учетом приведенных выше факторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Садовнича И. О. Рециклинг твердых бытовых отходов как объект предпринимательской деятельности : автореф. дис. канд. эконом. наук : 08.00.05 / И. О. Садовнича ; науч. рук. проф. Б. Д. Залещанский ; МИРЭА. – Москва, 2013. – 27 с.
2. Васляев М. А. Разработка единой эколого-ориентированной системы сбора и утилизации вышедших из эксплуатации автотранспортных средств : автореф. дис. канд. эконом. наук : 08.00.05 / М. А. Васляев ; науч. рук. проф. Я. Д. Вишняков ; ГУУ. – Москва, 2007. – 25 с.
3. Перекальский В. А. Математическое моделирование финансово-экономических параметров программы утилизации транспортных средств : дис. канд. эконом. наук : 08.00.13 / науч. рук. доц. О. М. Писарева ; ГУУ. – Москва, 2016. – 179 с.
4. Трофименко Ю. В., Утилизация автомобилей : Научная монография / Ю. В. Трофименко, Ю. М. Воронцов, К. Ю. Трофименко. – М. : АКПРЕСС, 2011. – 336 с. : ил. ISBN 978-5-91293-066-9
5. Региональная экономика: учеб. для вузов / под ред. Т. Г. Морозовой. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2006, – 527 с.
6. Егоров Д. О. Территориальная модель размещения объекта социальной инфраструктуры региона / О. Д. Егоров // Вестник Самарского государственного экономического университета – 2015. – № 11 (133). – С. 39-44.
7. Коротаев В. Н. Методические подходы к совершенствованию производственно-логистической системы транспортирования отходов производства/потребления / В. Н. Коротаев // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2009. – № 1. – С. 83-89.
8. Великанова Т. В., Ладоскин А. И. Использование оптимизационных методов при планировании размещения производств / Т. В.

Великанова, А. И. Ладоскин // Вестник самарского муниципального института управления. – 2013. – №2. – С.66-73.

9. Лылин Н. А. Обоснование сети предприятий по утилизации техники (на примере московской области) : дис. канд. техн. наук : 05.20.03 / Н. А. Лылин ; науч. рук. доц. Н. В. Ал-

дошин ; РГАУ-МСХА. – Москва. – 2015. – 18 с.

10. Кузнецова Е. Ю., Акулова А. А. Организация процесса утилизации в российском автотранспортном комплексе / Е. Ю. Кузнецова, А. А. Акулова // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 4 (28). – С. 83-89.

POSITION OF VEHICLE RECYCLING ENTERPRISES IN URAL REGION

E.Yu. Kuznetsova, A.A. Akulova, G.A. Markin, E.O. Yuferova

Abstract. *The article provides statistics on the state of the recycling industry in the Sverdlovsk region, including enterprises engaged in utilisation cars and their wastes. The trend of decommissioning of cars was analyzed. A system of factors, that determine the location of infrastructure objects of the recycling system, was offered. On the basis of the gravitational model were built maps of the density of settlement and waste generation, which serve as the basis for choosing the position of large plants for processing vehicles.*

Key words: *auto waste recycling, utilisation objects location, autorecycling, reverse logistics.*

REFERENCES

1. Sadovnichaja I. O. Recikling tverdykh bytovykh otchodov kak object predprinimatelskoj dejatel'nosti [Recycling of solid domestic waste as an object of entrepreneurial activity]. Moscow, MIREA, 2013. 27 p.

2. Vasljaev M. A. Razrabotka edinoj ekologo-orientirovannoj sistemy sbora i utilizatsii vshedshich iz ekspuatatsii avtotransportnykh sredstv [Development of a unified eco-oriented system for the collection and disposal of decommissioned vehicles]. Moscow, 2007. 25 p.

3. Perekalskij V. A. Matematicheskoe modelirovanie finansovo-ekonomicheskikh parametrov programmy utilizatsii transportnykh sredstv [Mathematical modelling of financial and economic parameters of the vehicle utilization programme]. Moscow, 2016. 179 p.

4. Trofimenko Yu. V., Vorontsov Yu. M., Trofimenko K. Yu. Utilizatsia avtomobilej [Car recycling] Moscow, AKPRESS, 2011. 336 p.

5. Morozova T. G. Regional'naya ekonomiks [Regional economy] Moscow, 2006. 527 p.

6. Egorov D. O. Territorial'naya model razmeschenija objecta sozionalnoj infrastruktury regiona [Territorial model of location of the object of social infrastructure of the region]. Vestnik SGEU, 2015. no 11 (133), p. 39-44.

7. Korotaev V. N. Metodicheskie podchody sovershenstvovaniyu proizvodstvenno-logisticheskoy sistemy transportirovaniya otchodov proizvodstva/potrebleniya [Methodical approaches to

improving the production and logistics system for transporting production / consumption waste]. Vestnik Uralskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobschenija. Yekaterinburg, 2009. no 1. p. 83-89.

8. Velikanova T. V. Ladoshkin A. I. Ispolzovanie optimizatsionnykh metodov pri planirovanii razmeschenii proizvodstva [The use of optimization methods in planning the location of production]. Vestnik Samarskogo municipal'nogo instituta upravleniya. Samara, 2013. no 2. p. 66-73.

9. Lylin N. A. Obosnovanie seti predpriyatij po utilizatsii trchniki [Substantiation of a network of enterprises for the utilization of machinery]. Moscow. 2015. 18 p.

10. Kuznetsova E. Yu., Akulova A. A. Organizatsiya processa utilisatsii v rossijskom avtotransportnom komplekse [Organization of the utilization process in Russian transport complex]. Vestnik Uralskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobschenija. Yekaterinburg, 2015. no 4 (28). p. 83-89.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кузнецова Елена Юрьевна – доктор экономических наук, профессор ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»г. (Екатеринбург, ул. Мира 19, elena.bstm@gmail.com).

Акулова Анастасия Александровна – ст. преподаватель кафедры «Подъемно-транс-

портных машин и роботов» ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург, ул. Мира 19 aa.akulova@urfu.ru).

Маркин Георгий Александрович – магистр кафедры «Организация машиностроительных производств» ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г.

Екатеринбург, ул. Мира 19 geo.markin@gmail.com).

Юферова Елизавета Олеговна – магистр кафедры «Организация машиностроительных производств» ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург, ул. Мира 19 geo.markin@gmail.com).

УДК 624.04

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОГО ПУСКА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

М.Ю. Манзин, А.А. Заикин, С.В. Рослов, В.В. Иванов
Омский автобронетанковый инженерный институт, г. Омск, Россия

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы использования СВЧ-нагрева топлива для обеспечения ускоренного и надежного пуска дизеля в условиях низких температур окружающего воздуха. Обосновывается идея тем, что существующие на сегодняшний день методы облегчения пуска дизеля в условиях низких температур окружающего воздуха не удовлетворяют современным требованиям ведения боевых действий. Как нам представляется, использование СВЧ нагрева топлива и тепловой трубы для нагрева моторного масла позволит обеспечить надежный пуск дизеля в условиях низких температур. На основе проведенных исследований, автор предлагает применять СВЧ – нагрев топлива для обеспечения надежного пуска двигателя в условиях низких температур.

Ключевые слова: Топливо, нагрев, пуск дизеля, низкие температуры окружающего воздуха, удельная активная мощность.

ВВЕДЕНИЕ

Существующие на сегодняшний день методы облегчения пуска дизеля в условиях низких температур окружающего воздуха не удовлетворяют современным требованиям ведения боевых действий. Как нам представляется, использование СВЧ – нагрева топлива и использование тепловой трубы для нагрева моторного масла, позволит соответствовать обеспечить надежный пуск дизеля в минимальные сроки. [4]

СУЩЕСТВУЮЩИЕ СРЕДСТВА ОБЛЕГЧЕНИЯ ПУСКА

Работа двигателей в условиях низких температур имеет ряд особенностей, обусловленных как непосредственным снижением температуры воздушного заряда, поступающего в двигатель, так и снижением его общего теплового состояния. На функционировании двигателя и его систем сказывается также изменение физических свойств топлива. [3] Одно из важнейших требований к качеству дизельного

Таблица 1

Дизельное топливо			Кинематическая вязкость, мм ² /с, при температуре, °С	
	плюс 20	0	минус 10	минус 20
Летнее	6,36	12,94	20,59	50,92
Зимнее	4,26	8,36	12,43	20,6

топлива – легкая прокачиваемость при различных температурах окружающей среды. Это качество определяется вязкостью и температурой застывания топлива. Вязкость дизельного топлива зависит от температуры (табл.1).

В подавляющем большинстве случаев нагрев каких — либо физических тел производится путем передачи тепла снаружи во внутрь за счет теплопроводности [1](рис.1).

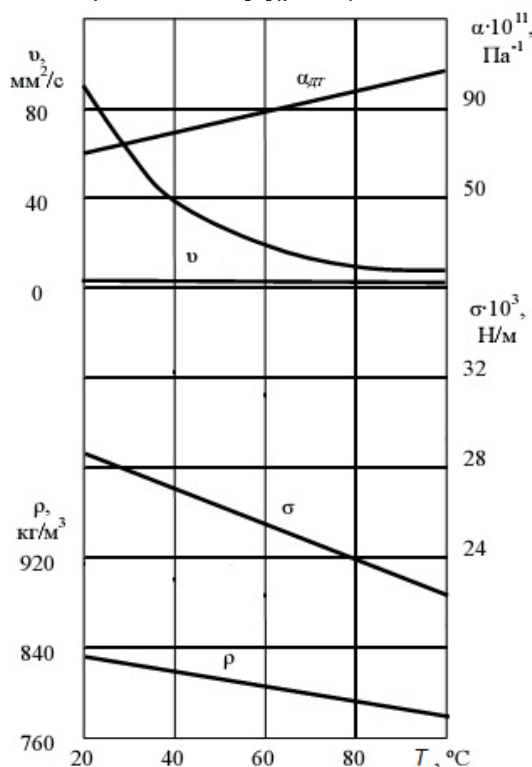


Рис.1.Изменение физических свойств топлива в зависимости от температуры

СВЧ-НАГРЕВ

Используя СВЧ – нагрев, при рациональном подборе частоты колебаний и параметров камер, где происходит преобразование СВЧ энергии в тепловую, можно получить равномерное выделение тепла по объему тела. Эффективность преобразования энергии электрического поля в тепло возрастает прямо пропорционально частоте колебаний и квадрату напряженности электрического поля. При этом следует отметить простоту подачи СВЧ энергии практически к любому участку нагреваемого тела. [6]

Механизм нагрева материалов сверхвысокочастотной энергией основан на явлении поляризации – перемещении в некоторых ограниченных пределах связанных электрических зарядов – диполей. Под действием внешнего

переменного электромагнитного поля в материале происходит их колебательное движение и переориентация, в результате которых возникают токи проводимости и смещения. Совокупность обоих явлений и обеспечивает нагрев материала. [1]

Удельная активная мощность, определяющая количество тепла выделенного при СВЧ – нагреве в единице объёма материала рассчитывают согласно классическому закону Джоуля-Ленца по формуле:

$$P_{уд} = 0,556 \cdot 10^{-6} \cdot \varepsilon \cdot tg\sigma \cdot f \cdot E^2, \quad (1)$$

Длина волны СВЧ генератора (магнетрона) может быть выбрана из условия:

$$\lambda = (1 + 2)\pi \cdot l \cdot \sqrt{2 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{1 + tg\sigma} - 1}, \quad (2)$$

где λ – длина волны; $tg\sigma$ – тангенс угла диэлектрических потерь; ε – диэлектрическая проницаемость; l – толщина изделия.

Основным генератором СВЧ энергии является магнетрон (электровакуумный генератор электромагнитных колебаний СВЧ, основанный на взаимодействии электронов, движущихся в магнитном поле, с возбуждаемыми ими электромагнитными полями. Основу его конструкции, составляет коаксиальный цилиндрический диод с внутренним электродом – катодом в однородном магнитостатическом поле, направленном вдоль его оси). [1,4]

Для передачи энергии источника к приемнику используется как волноводные линии, так и свободное пространство. Волновод, по которому распространяется волна, представляет собой трубку круглого или прямоугольного сечения. Наиболее применим на практике волновод прямоугольного сечения[2,3].

Генерируемая мощность поступает по волноводу (линия связи) в рабочую зону, представляющую собой камеру (рабочая камера).

В устройствах СВЧ – нагрева находят применение резонаторные камеры в виде прямоугольных объемных резонаторов, линейные размеры которых в 5 – 6 раз превышают длину волны генератора. В подобном резонаторе может существовать несколько различных видов колебаний (более десяти), у каждого из которых свое распределение электрического и магнитного полей внутри объема резонатора. Такие резонаторы называются многомодовыми, т.е. в них может быть одновременно возбуждено несколько видов колебаний.[2,5]

Размеры и параметры объемных резонаторов могут быть рассчитаны на ЭВМ и оптимизи-

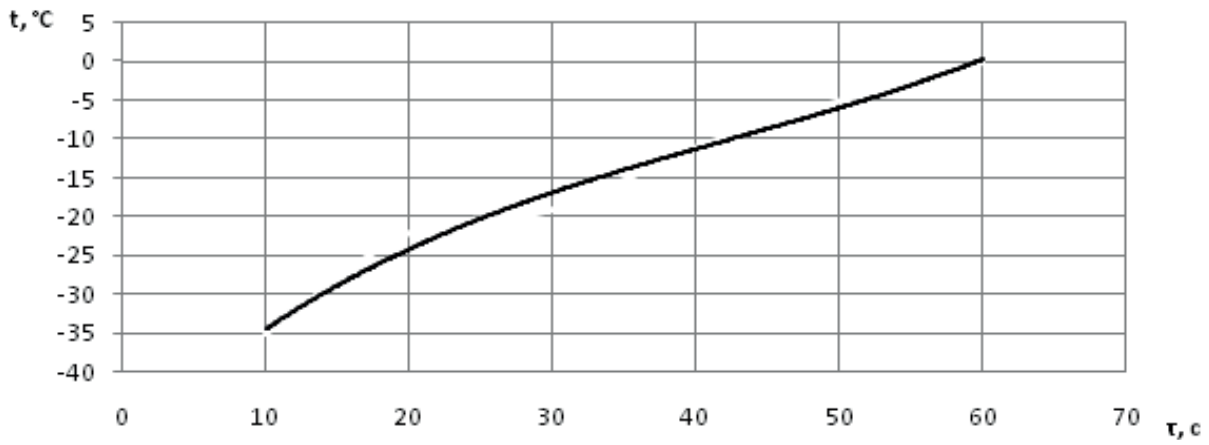


Рис. 2. Зависимость температуры топлива от времени СВЧ нагрева при РСВЧ = 0,5 кВт

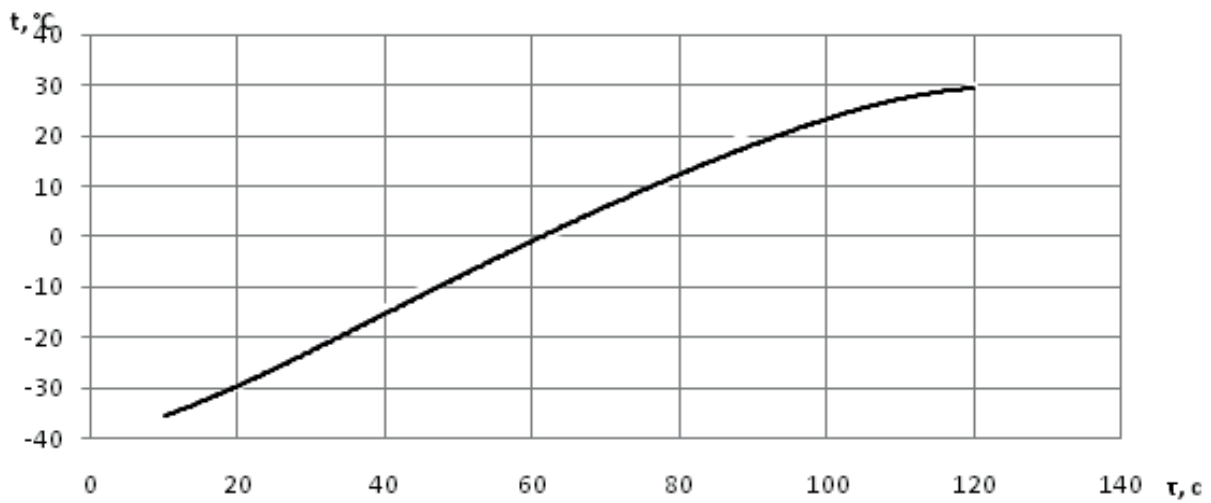


Рис.3. Зависимость температуры топлива от времени СВЧ нагрева при РСВЧ=1,0 кВт

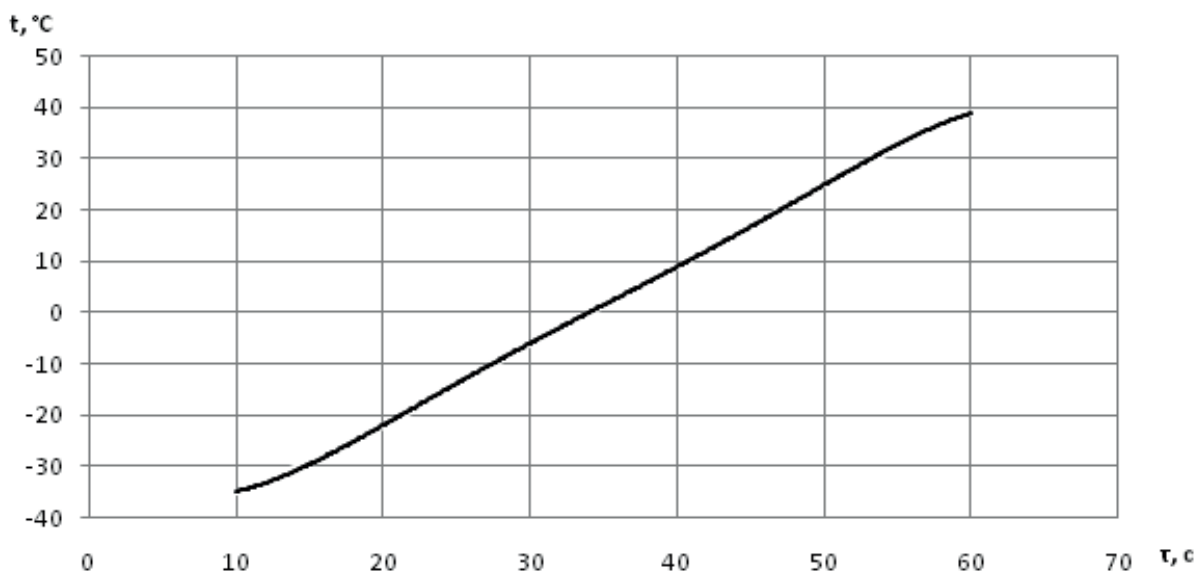


Рис. 4. Зависимость температуры топлива от времени СВЧ нагрева при РСВЧ = 1,5 кВт

зированы. Задача оптимизации состоит в том, чтобы выбрать такие размеры резонатора, при которых в нем можно было бы возбуждать только определенные виды колебаний, а интерференция между ними давала бы возможно более равномерное поле по объему. При этом возбуждающие колебания устройства должны устанавливать строго определенные соотношения между амплитудами тех видов колебаний, которые дают суммарное равномерное поле. [5,6]

Существует несколько иной способ получения равномерности нагрева – это применение двух или более генераторов, работающих на разных, но обычно близких частотах, или введение изменения во времени генерируемой длины волны в некоторых возможных пределах $\pm d\lambda$.

Чем ближе по шкале длин волн расположены виды колебаний рассматриваемого многомодового резонатора, тем меньшее изменение длины волны генератора оказывается достаточным для улучшения равномерности нагрева и получения равномерного электромагнитного поля в нем даже при слабой загрузке резонатора обрабатываемым диэлектриком. [6]

Для СВЧ – нагрева наиболее пригодны такие многомодовые резонаторы, у которых резонансные длины волн различных видов колебаний расположены по шкале длин волн не сгустками, а возможно более равномерно. Это получается, когда размеры резонатора соизмеримы, но не равны, т.е. когда резонатор представляет собой параллелепипед, близкий к кубу.

Анализ параметров системы топливоподачи с установкой СВЧ нагрева топлива результаты исследования СВЧ нагрева топлива Первоначально эксперименты проводились с целью определения допустимых параметров устройства СВЧ нагрева топлива. [5,6]

Результаты эксперимента, полученные при мощности устройства до РСВЧ = 0,5 кВт и времени нагрева 60 с при температуре топлива t ниже минус 20°C показали, что при данных величинах достичь желаемых результатов по СВЧ нагреву топлива не удастся. На рисунке 2 изображен график, характеризующий нагрев топлива при вышеуказанных параметрах.

При корректировании параметров устройства до РСВЧ = 1,0 кВт, времени нагрева не менее 60 с были получены удовлетворительные результаты, приведенные на рисунке 3.

Наиболее оптимальных результатов, приведенных на рисунке 4 удалось добиться при РСВЧ=1,5 кВт и времени нагрева =60 с.

В результате комплексного влияния кон-

вективных теплопотерь и нагрева топлива от сжатия при продвижении топлива в системе топливоподачи его температура увеличивается на 4°C.

На основании выполненных экспериментов можно сделать вывод о том, что получение наиболее оптимального СВЧ нагрева топлива возможно при РСВЧ = 1,5 кВт и времени нагрева = 60 с.

Результаты исследования характеристик впрыскивания и распыливания топлива поведены в приложении В. [4,6]

В процессе обработки данных, полученных при регистрации характеристик о впрыскивании и распыливания топлива на втором этапе безмоторных исследований, построены сравнительные зависимости характеристик от варьируемых факторов (рисунки 5, 6, 7).

На рисунках 5 и 6 показаны зависимости среднего диаметра капель топлива от времени нагрева и мощности источника СВЧ излучения при первоначальной температуре топлива минус 10°C и минус 35°C соответственно.

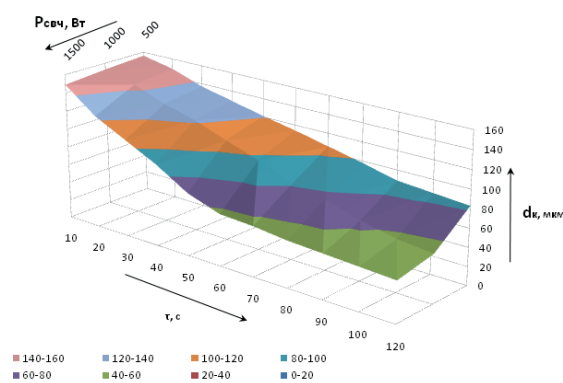


Рис. 5. Характеристика диаметра капель dk от мощности источника РСВЧ и времени нагрева при t – минус 10°C

В ходе исследования установлено, что наиболее существенное влияние на оптимизацию среднего диаметра капель топлива и однородность распыливания топлива оказывают мощность устройства СВЧ и время нагрева. С понижением первоначальной температуры топлива, определяемой температурой окружающего воздуха, в период нагрева топлива до 20 – 30 с и, в особенности, снижением мощности СВЧ излучения до 500 Вт средний диаметр капель топлива уменьшается незначительно. Это связано с тем, что в начальный период нагрева, пока топливо остается холодным, практически отсутствует конвективный теплообмен в камере нагрева топлива. [3,7]

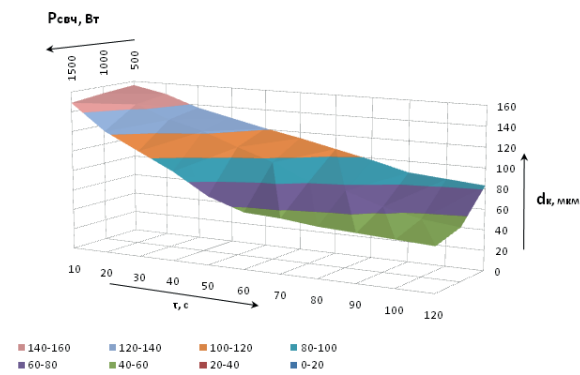


Рис.6. Характеристика dk от РСВЧ и при t – минус 35°C

С ростом температуры топлива увеличивается однородность его распыливания (рисунок 7). При этом коэффициент однородности стремится к 1 при мощности СВЧ излучения 1500 Вт и времени нагрева около 2 минут, однако при этом уже после 60 с нагрева коэффициент однородности находится в зоне оптимальных значений, поэтому отсутствует необходимость в дальнейшем нагреве топлива.

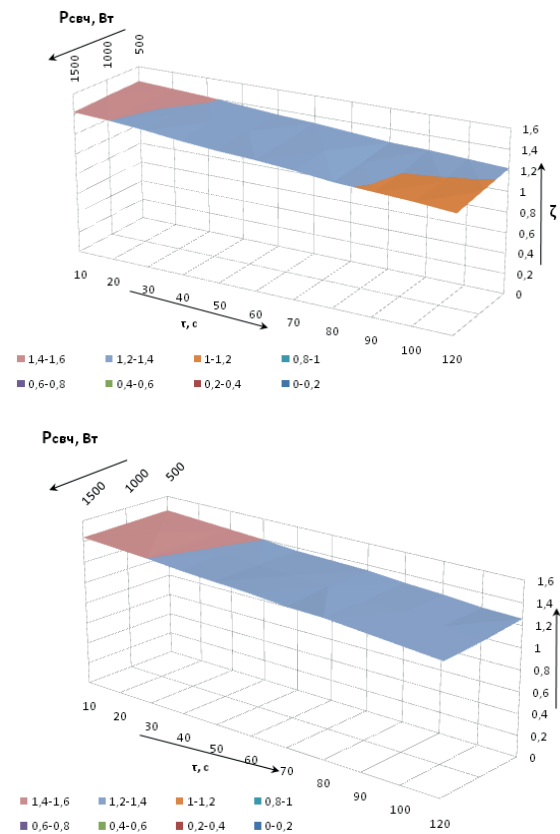


Рис. 7. Характеристика коэффициент однородности от мощности источника РСВЧ и времени нагрева при t – минус 10 (1), минус 35°C (2)

В результате обработки данных, полученных при регистрации вероятности пуска дизеля в условиях низких температур на втором этапе моторных исследований, построена зависимость характеристик от варьируемых факторов (рисунок 8). [1,2]

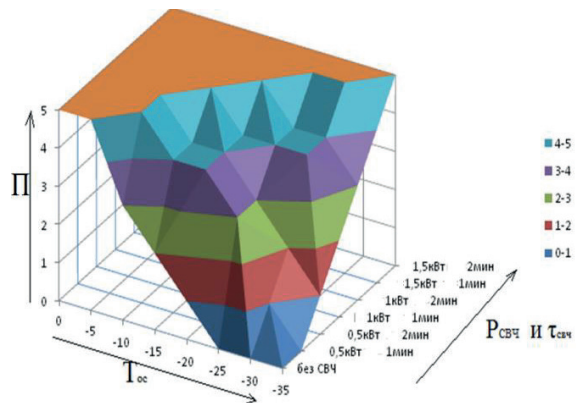


Рис. 8. Зависимость количества попыток пуска дизеля от температуры окружающей среды, мощности и времени воздействия СВЧ источника

Способ повышения качества смесеобразования за счет нагрева топлива с помощью СВЧ колебаний при пуске дизеля в условиях низких температур. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили выявить зависимость надежного пуска дизеля от характеристик топливоподачи, а именно параметров впрыскивания и распыливания топлива, и определить наиболее эффективный метод обеспечения надежного пуска дизеля по условиям топливоподачи и сокращение времени на подготовку к пуску при низких температурах окружающего воздуха: СВЧ нагрев дизельного топлива.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЧ – НАГРЕВА ТОПЛИВА

В заключении отметим положительные стороны СВЧ нагрева топлива:

Преимущества СВЧ – нагрева перед другими видами физического воздействия на топливо [2]:

- тепловая безынерционность, т.е. возможность практически мгновенного включения и выключения теплового воздействия на обрабатываемый материал. Отсюда высокая точность регулировки процесса нагрева и его воспроизводимость;

- принципиально высокий КПД преобразования СВЧ энергии в тепловую, выделяемую в объеме нагреваемых тел. Теоретическое зна-

чение этого КПД близко к 89%. Тепловые потери в подводящих трактах обычно невелики, и стенки волноводов и рабочих камер остаются практически холодными; [6]

- возможность осуществления и практического применения новых необычных видов нагрева – избирательного, равномерного, сверхчистого.

- СВЧ излучение позволяет в течении непродолжительного времени осуществить равномерный нагрев топлива, необходимого на весь период осуществления пуска дизеля, тем самым способствуя сокращению времени на подготовку к пуску в условиях низких температур окружающего воздуха до 1 – 1,5 минуты; [1.4]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брилинг, И.Р. Исследование рабочего процесса и теплопередачи в двигателях дизеля. [Текст] /И.Р. Брилинг//. М., Л. ГНТИ 1981.- 413 с.
2. Вамберский, М.В. Передающие устройства СВЧ. Учебное пособие для радиотехнических и специальных ВУЗов [Текст] /Вамберский М.В., Казанцев В.И., Шелухин С.А. М.:

Высшая школа, 1984. – 448 с.

3. Вибе, И. И. Новое о рабочем цикле двигателей / И.И. Вибе. - Свердловск: Машгиз, 1962.-272 с.

4. Фомин, Ю.Я. Топливная аппаратура дизелей [Текст] / Ю.Я. Фомин, Г.В. Никонов, В.Г. Ивановский. – М.: Машиностроение, 1982. – 168

5. Вамберский, М.В. Передающие устройства СВЧ: учебное пособие для радиотехнических и специальных ВУЗов [Текст] / М.В. Вамберский, В.И. Казанцев, С.А. Шелухин - М.: Высшая школа, 1984. – 448

Сборники трудов, статей:

6. Рослов, С.В. Определение технического состояния топливной аппаратуры высокого давления дизельного двигателя [Текст] / А.М. Смирнов. //Сборник рефератов депонированных рукописей. Серия. Б, сборник 107 (14) - М.: 46 НИИЦ МО РФ, 2014. Инв. Б 8388, 09.04.14. (СП. 18401)

Патент:

7. Пат. 69928 Российская Федерация, МПК F 02 N 9/00. Устройство для облегчения пуска двигателя внутреннего сгорания [Текст] / В.Н. Шапран, М.А.Савельев, Н.Л. Пузевич, А.Ю. Веревитин, Д.Ю. Козлов;

TO A QUESTION OF ENSURING RELIABLE LAUNCH OF DIESEL ENGINES IN THE CONDITIONS OF LOW TEMPERATURES

M.Y. Manzin, A.A. Zaikin, S.V. Roslov, V.V. Ivanov

Abstract. In this article questions of use of microwave heating of fuel for ensuring the accelerated and reliable launch of the diesel in the conditions of low temperatures of air are considered. The idea by the fact that the methods of simplification of launch of the diesel existing today in the conditions of low temperatures of air don't meet modern requirements of conducting combat operations is proved. From our point of view, use of the microwave oven of heating of fuel and a thermal pipe for heating of engine oil will allow to provide reliable launch of the diesel in the conditions of low temperatures. On the basis of the conducted researches, the author suggests to use the microwave oven – heating of fuel to ensuring reliable launch of the engine in the conditions of low temperatures.

Keywords: Fuel, heating, diesel engine start-up, low temperatures of air, specific active capacity.

REFERENCES

1. Briling, I. R. Issledovaniya rabocheho protsessa i teploperedachi v dvigatelnykh dizely [Issledovaniye of working process and a heat transfer in diesel engines]. GNTI 1981.- 413 p.
2. Vamberskiy, M. V. Peredaychiye ystroistva SVCH. Ychebnoe posobie dly radiotekhnicheskikh I specialnykh VYZov[Microwave ovens sending devices. Manual for radio engineering and special HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS].Vamber-

sky M. V., Kazantsev V. I., Shelukhin S.A. of M.: Vyisshaya shkola, 1984. – 448 pages.

3. Vibe, I. I. Novoe o rabochem tickle dvigate-lye[New about a running cycle of engines] I.I. Vibe. - Sverdlovsk: Mashgiz, 1962.-272 pages.

4. Fomin Y.I. Toplivnaya apparatyra dizelei[The fuel equipment of diesel engines].{Tekst} Y.I.Fomin, G.V. Nikonov. , V.G. Ivanovskii. – M. Mashinostroeniye,1982 – 168 p

5. Vamberskiy , M.V. peredaushie ystroistva dly radiotekhnicheskikh I spechialnyh VYZov.

[Sending unit microwave] Vamberskiy M.V. Kazantsev V.I. S.A. Shelykhin – M. Vyshaya Shkola, 1984 – 448

6. Roslov, S. V. Opredeleniye tehničeskogo sostoianiya toplivnoi apparatyri vysokogo davleniya dizelnogo dvigatelya [Definition of technical condition of the fuel equipment of high pressure of the diesel engine]. [Text] A.M. Smirnov.sbornik referatov deponirovannyh ryckopisei. Series. B, the collection 107 (14) - M.: 46 NIITs MO Russian Federation, 2014

7. Pat. 69928 Rossiyskaya Federatsiya MPK F02 N 9.00 Ystroistvo dly oblegcheniya pyska dvigately vnytrennego sgoraniya [Device to facilitate starting of the internal combustion engine]. M.A. Saveliev. Shapran V.N.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Манзин Максим Юрьевич (Россия, г. Омск) – адъюнкт Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/з.).

Manzin Maksim Yurievich (Russia, Omsk) – postgraduate student of the Omsk Tank-

Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 m/t.).

Заикин Андрей Александрович (Россия, г. Омск) – курсант Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/з, zaikin.aa@mail.ru).

Zaikin Andrei Aleksandrovich (Russia, Omsk) – cadet of the Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 m/t, zaikin.aa@mail.ru).

Рослов Сергей Валерьевич (Россия, г. Омск) – преподаватель Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/з, Roslov_s@bk.ru).

Roslov Sergey Valerievich (Russia, Omsk) – professor of the Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 m/t, Roslov_s@bk.ru).

Иванов Владимир Васильевич (Россия, г. Омск) – начальник курса Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/з.).

Ivanov Vladimir Vasilyevich (Russia, Omsk) – platoon leader of the Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 m/t).

УДК 629.11

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

*В.Е. Овсянников, В.И. Васильев
ФГБОУ ВО Курганский государственный университет, г. Курган, Россия*

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы оценки параметров алгоритмов диагностирования систем автомобилей. Приводится обоснование необходимости реализации мероприятий по обеспечению человеко-машинной совместимости на стадии проектирования оборудования. Разработана модель оценки параметров алгоритмов диагностирования систем автомобилей на основе применения аппарата нечеткой логики. В качестве исходных данных использованы параметра реальных процессов.

Ключевые слова: Нечеткая логика, модель, оценка, алгоритмы.

ВВЕДЕНИЕ

Усложнение технологического оборудования предприятий автотранспортного комплекса, которое связано с расширением степени его автоматизации требует новых подходов при его проектировании. Особенно это просматривается в процессах диагностирования.

Отправной точкой в данном случае является изменение роли человека в технологических процессах. На сегодняшний день, в связи с тем, что уровень физической нагрузки на рабочего снижается, т.к. основные рабочие процессы механизированы, значение человека в производственном процессе изменяется. При

Таблица 1
ФРАГМЕНТ АЛГОРИТМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ

Определение технического состояния двигателя по разрежению в впускном трубопроводе	
1. Запустить и прогреть двигатель	
2. Остановить двигатель	
3. Вывернуть заглушку	
4. Присоединить вакуумметр	
5. Запустить двигатель с частотой 1000 об/мин	
6. Замерить величину разрежения во впускном трубопроводе три раза	
7. Проанализировать характер колебания показаний	логический
8. Выключить двигатель и отсоединить прибор	
Определение технического состояния двигателя по компрессии	
1. Вывернуть свечи	
2. Открыть дроссель и воздушную заслонку	
3. Установить конус компрессометра в отверстие свечи и повернуть коленчатый вал стартером на 8-10 оборотов	
4. Зафиксировать показания	
5. Повторить 2-3 раза	
6. Повторить замеры для других цилиндров	
7. Сделать вывод о состоянии двигателя	логический
...	

использовании современного диагностического оборудования труд рабочего-диагноста можно рассматривать как труд оператора автоматизированной системы (системы «человек-машина»). Причем следует отметить, что проектирование подобного рода систем требует использования иных подходов, чем те, которые применяются в случаях решения задач традиционного проектирования [1-3].

В случае автоматизированных систем (систем класса «человек-машина») данных мероприятий недостаточно для обеспечения эффективности работы системы. Дело в том, что оператор в данных системах занят преимущественно вопросами обработки информации и принятия решений. Физическая же составляющая труда в данном случае сводится чаще всего к элементарным моторным действиям, связанным с реализацией вопросов контроля и управления (нажатие кнопок и т.д.). Это обстоятельство приводит к необходимости обеспечения совместимости человеческих и машинных компонентов системы не только на уровне физических действий, но и на уровне восприятия (психологическом).

Для решения данной задачи в первую очередь необходимо иметь адекватное описание деятельности оператора технологического

оборудования предприятий автомобильного транспорта, которое позволяет учесть основные психологические аспекты [1]. На сегодняшний день, в практике инженерной психологии наиболее часто используется описание двух видов: на организационном и операционном уровне [1-3].

Организационный уровень описания является иерархически более высоким и отражает взаимодействие элементов на уровне всей деятельности в целом. Примерами такого описания являются организационная схема технологического процесса, где при помощи стрелок, возможно, отобразить информационные и материальные потоки. При использовании данного вида описания весьма затруднительно учесть параметры эмоционально-психологической нагрузки на оператора.

Операционное описание сводится к разделению всего процесса на отдельные операции и дальнейшее дробление последних на отдельные элементарные действия. Чаще всего реализуется в виде графов, диаграмм или алгоритмов. Наиболее перспективным инструментом для исследования психологических аспектов деятельности операторов технологического оборудования предприятий автотранспортного комплекса представляется именно

алгоритмическое описание. Это объясняется тем, что при использовании алгоритма, как инструмента описания и анализа деятельности человека-оператора возможно выполнить градацию его действий на простые (моторные) и те, которые требуют решения интеллектуальных задач, связанных с анализом информации и принятием решений. Причем алгоритм необязательно представлять в графическом виде. Для нашего случая удобнее пользоваться табличной формой представления. В таблице 1 приведен фрагмент алгоритма диагностирования состояния двигателя.

В таблице 1 напротив тех элементов процесса, которые предполагают решение интеллектуальных задач, сделано примечание «логический». Данный вид описания процесса диагностирования позволяет выявить в его структуре непрерывные цепочки действий одного класса. В данном фрагменте имеется 2 цепочки стереотипных действий по 6 действий каждая. Методы инженерной психологии позволяют определить количественные характеристики влияния параметров рабочего процесса на функциональные кондиции оператора. Отправной точкой в данном случае является то, что чрезмерная перегруженность стереотипными действиями, приводит к общему переутомлению человека-оператора, а слишком большой объем логических действий вызывает информационную перегрузку. В качестве количественной характеристики имеет смысл использовать коэффициенты логической сложности и стереотипности.

Коэффициент стереотипности характеризуется длиной непрерывных цепочек, состоящих из моторных действий без решения при этом логических задач. Этот показатель определяется по формуле [2,3,6-8]

$$Z = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \frac{m_{0i}^2}{m_i}, \quad (1)$$

где N – общее число операторов алгоритма; n – число групп членов алгоритма; m – число операторов в группе; m_{0i} – число элементарных операторов в группе (действия, не предполагающие выбора).

Коэффициент стереотипности принимает максимальное значение, когда в алгоритме отсутствуют логические условия, т. е. последовательность действий оператора однозначно определена и не зависит ни от каких условий. Минимальное значение этого коэффициента получается в том случае, когда после каждого оператора следует логическое условие.

Показатель логической сложности определяется выражением [2,3,6-8]

$$L = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n \frac{m_{lj}^2}{m_j} \quad (2)$$

где m_{lj} – длина непрерывной цепочки, состоящей из логических условий.

Однако точное определение данных величин возможно только в случае наличия алгоритма работы оператора технологического оборудования в окончательном виде. Но оценка рассмотренных выше параметров нужна и на этапе проектирования для решения задачи оптимизации алгоритмов. Данное обстоятельство требует использования другого методологического аппарата, который позволяет решать задачи с высоким уровнем неопределенности исходных данных. Для этих целей рационально применять нечеткую логику [4,8]. В данной работе были построены модели для оценки стереотипности и логической сложности алгоритмов на этапе проектирования оборудования.

МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОВМЕСТИМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕК-МАШИНА, ОСНОВАННАЯ НА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКЕ

Структура обеих моделей предполагает наличие двух входных переменных: относительную плотность логических или стереотипных действий, а также общее количество элементов алгоритма. В качестве исходных данных для построения модели были использованы параметры алгоритмов реальных процессов диагностирования систем автотранспортных средств [8] (рис. 1 и 2).

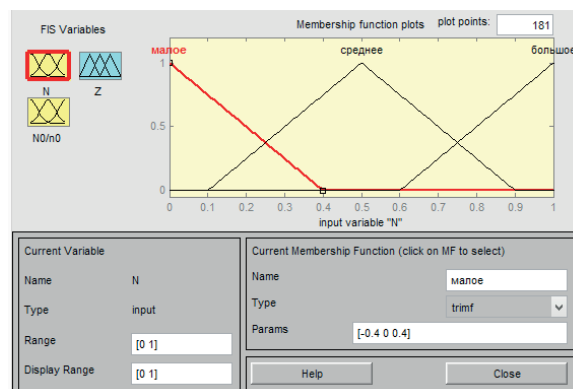


Рис. 1. Общий вид входной переменной «общее число операторов в алгоритме»

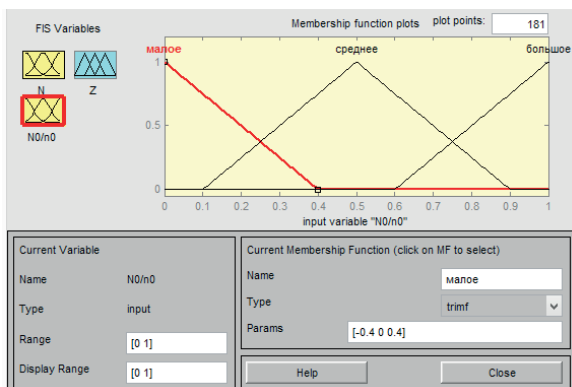


Рис. 2. Общий вид входной переменной «относительная плотность стереотипных действий»

Система правил, реализующая функцию нечеткой логики, приведена на рис. 3.

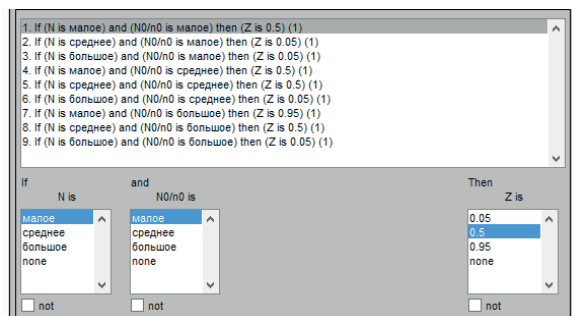


Рис. 3. Система правил

Общий вид функции нечеткой логики, позволяющей оценивать параметры стереотипности, приведен на рис. 4.

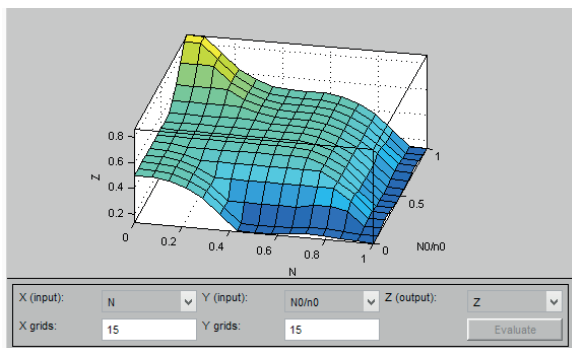


Рис. 4. Функция для оценки параметров стереотипности

Для оценки степени точности полученных результатов целесообразно воспользоваться данными, которые были получены с использованием модели для случая, который не входил в обучающую выборку. Пример определения коэффициента Z приведен на рис. 5.

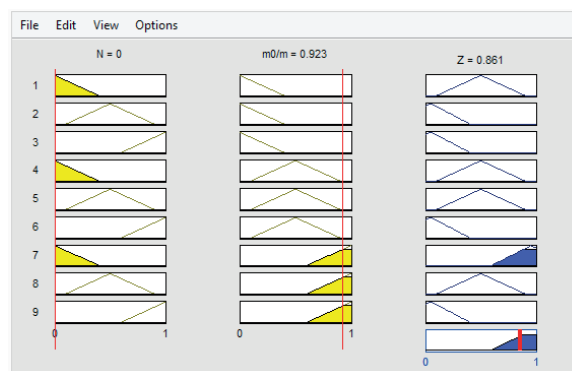


Рис. 5. Пример определения коэффициента стереотипности

ВЫВОДЫ

Оценим степень соответствия модельных данных и параметров алгоритма диагностирования карбюраторного двигателя:

$$\Delta Z = \frac{Z_{\text{мод}} - Z_{\text{теор}}}{Z_{\text{мод}}} \times 100\% =$$

$$= \frac{0.861 - 0.83}{0.861} \times 100\% = 4\%$$

$$\Delta L = \frac{L_{\text{мод}} - L_{\text{теор}}}{L_{\text{мод}}} \times 100\% =$$

$$= \frac{0.06 - 0.04}{0.06} \times 100\% = 3\%$$

Из полученных данных видно, что точность полученных результатов удовлетворительна для решения поставленных в работе задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев В.И. Определение оптимальной информационной структуры при проектировании постов диагностирования / В.И. Васильев, В.Е. Овсянников, Е.А. Войтеховская // Материалы 4-ей Международной научно-практической интернет-конференции, под общей редакцией д.т.н., проф. А.Н. Новикова. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2014. – с. 29-35.
2. Вудсон У. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов / У. Вудсон, Д. Коновер. – М.: Мир, 1968. – 260 с.

3. Горшков С. И. Методики исследования в физиологии труда / С.И. Горшков, З.М. Золина, Ю.В. Мойкин. — М.: Медицина, 1974. — с. 96.

4. Рыбин В.В. Основы теории нечетких множеств и нечеткой логики / В.В. Рыбин. — М.: МАИ, 2007. — 252 с.

5. Справочник по инженерной психологии / Под ред. Б.Ф. Ломова. — М.: Машиностроение, 1982. — 368 с.

6. Стрелков Ю.К. Инженерная и професси-

ональная психология: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ю.К. Стрелков. - М.: Издательский центр «Академия»; Высшая школа, 2001. - 360 с.

7. Суходольский Г.В. Основы психологической теории деятельности / Г.В. Суходольский. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1988. — 166 с.

8. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. — М.: Горячая линия Телеком, 2007. — 288 с.

ASSESSMENT OF PARAMETERS OF ALGORITHMS OF DIAGNOSING OF SYSTEMS OF CARS IN THE CONDITIONS OF HIGH DEGREE OF UNCERTAINTY OF BASIC DATA

V.E. Ovsyannikov, V.I. Vasilyev

Abstract. *In this article questions of an assessment of parameters of algorithms of diagnosing of systems of cars are considered. Justification of need of realization of actions for ensuring human-machine compatibility at an equipment design stage is given. The model of an assessment of parameters of algorithms of diagnosing of systems of cars on the basis of use of the device of fuzzy logic is developed. As basic data are used the parameter of real processes.*

Keywords: *Fuzzy logic, model, assessment, algorithms.*

REFERENCES

1. Vasilyev V. I., Ovsyannikov V. E., Voytekhovskaya E. A. Opredelenie optimal'noj informacionnoj struktury pri proektirovanii postov diagnostirovaniya [Definition of optimum information structure at design of posts of diagnosis]. Materials to 4-her the International scientific and practical Internet conference, under the general edition the Dr.Sci.Tech., the prof. A. N. Novikov. — Eagle: FGBOU VPO "State University – UNPK", 2014, pp. 29-35.

2. Vudson U. Konover. D. Spravochnik po inzhenernoj psihologii dlya inzhenerov i hudozhnikov-konstruktorov [The reference book on engineering psychology for engineers and designers] Moscow: World, 1968. — 260 p.

3. Gorshkov S.I., Zolina Z.M., Moykin Yu. V. Metodiki issledovaniya v fiziologii truda [Research techniques in physiology of work] Moscow: Medicine, 1974, 96 p.

4. Rybin V.V. Osnovy teorii nechetkih mnozhestv i nechetkoj logiki [Bases of the theory of indistinct sets and fuzzy logic] Moscow.: MAI, 2007, 252 p.

5. The reference book on engineering psychology [Spravochnik po inzhenernoj psihologii] / Under the editorship of B. F. Lomov. — М.: Mechanical engineering, 1982, 368 p.

6. Strelkov. Y.K. Engineering and profession-

al psychology [Inzhenernaya i professional'naya psihologiya]: Studies. a grant for student. high studies. institutions / Y.K. Strelkov. - М.: Publishing center "Akademiya"; The Higher school, 2001. - 360 p.

7. Sukhodolsky G.V. Osnovy psihologicheskoy teorii deyatel'nosti [Bases of the psychological theory of activity] L.: LIE publishing house, 1988, 166 p.

8. Shtovba S. D. Proektirovanie nechetkih sistem sredstvami MATLAB [Design of indistinct systems means of MATLAB] Moscow, Hot Telecom line, 2007, 288 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Овсянников Виктор Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инноватика и менеджмент качества» ФГБОУ ВО Курганский государственный университет (640020, г. Курган, ул. Советская 63, стр. 4, e-mail: vik9800@mail.ru).

Ovsyannikov Victor Evgenyevich is Candidate of Technical Sciences, the associate professor "Innovatics and quality management" Kurgan state university (640020, Kurgan, Sovetskaya St. 63, p. 4, e-mail: vik9800@mail.ru).

Васильев Валерий Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильный транспорт и автосервис» ФГ-

БОУ ВО Курганский государственный университет (640020, г. Курган, ул. Советская 63, стр. 4, e-mail: vvprof@rtural.ru).

Vasilyev Valery Ivanovich is Doctor of

Engineering, professor of "Motor Transport and Car Service" department Kurgan state university (640020, Kurgan, Sovetskaya St. 63, p. 4, e-mail: vvprof@rtural.ru).

УДК 656.065.36

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕЙ ДОБАВКИ К ОСНОВНОМУ МОТОРНОМУ ТОПЛИВУ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Н.Г. Певнев, В.В. Понамарчук
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Аннотация. Обосновывается идея о том, что применение водорода в качестве иницирующей добавки к основному топливу, приводит к повышению экономических и экологических показателей ДВС. Особое внимание уделено физико-химическим свойствам водорода и его роли при горении в камере сгорания. В статье проводится пример теоретического расчета параметров рабочего тела и расчета количества отдельных компонентов продуктов сгорания. Расчет произведен для бензинового четырехтактного двигателя с распределенным впрыском топлива и электронным управлением системой питания и зажигания, при различных процентных соотношениях бензина и водорода. Анализируются результаты расчетов.

Ключевые слова: Водород, иницирующая добавка, экология, продукты сгорания, автомобильный двигатель.

ВВЕДЕНИЕ

Начало второй половины XX столетия ознаменовалось интенсивным процессом автомобилизации. Развитие автомобильного транспорта предопределило четко выраженные и противоречивые тенденции. С одной стороны, достигнутый уровень автомобилизации, отражая технико-экономический потенциал развития общества, способствовал удовлетворению социальных потребностей населения, а с другой – обусловил увеличение масштаба негативного воздействия на общество и окружающую среду, приводя к нарушению экологического равновесия на уровне биосферных процессов. Очевидная позитивность первой тенденции способствовала чрезвычайно быстрому росту количества автомобилей, что повлекло за собой ярко выраженные нежелательные последствия.

К концу века возникла, повсеместно проявила себя и накрепко обосновалась новая угроза жизненно важным интересам личности, общества, государства – реальная экологическая опасность для жизнедеятельности, связанная с достигшим гигантских масштабов уровнем автомобилизации.

С точки зрения наносимого экологического ущерба, автотранспорт лидирует во всех видах негативного воздействия.

Экологические проблемы, связанные с использованием традиционного моторного топлива в двигателях транспортных средств, актуальны не только для России, но и для всех стран мира. Во многих странах мира приняты жесткие требования по экологизации автотранспорта. В настоящее время многие зарубежные моторостроительные фирмы взяли курс на решение задачи достижения нулевой токсичности отработанных газов. Их опыт показывает, что добиться этого можно только в случае использования альтернативных видов моторного топлива. Именно поэтому, практически все перспективные экологически чистые автомобили, проектируются под альтернативные виды топлива. Разработка и создание двигателей для таких автомобилей, безусловно, требует огромных материальных затрат.

ПУТИ РАЗВИТИЯ

Одним из перспективных направлений развития двигателестроения является не только применение альтернативных топлив таких как

низшие спирты (метанол, биоэтанол, бутанол), природный и попутный нефтяные газы, растительные масла (специально выращиваемых сельскохозяйственных культур), водорода и т.д. но и различных добавок к основному моторному топливу. В первую очередь исследования ведутся с целью замены основного вида топлива на выпускаемых автомобилях без внесения в двигатель существенных конструктивных изменений, а также с целью изучения возможностей их комбинирования и применения в качестве добавок. Одновременно оценивается и влияние такой замены на состояние окружающей среды – оно как минимум не должно ухудшаться в большей степени, чем при использовании традиционного топлива.

РОЛЬ ВОДОРОДА ПРИ ГОРЕНИИ ТОПЛИВА

Практически все перечисленные выше альтернативные виды топлива в состоянии заменить какую-то часть традиционного топлива только благодаря наличию в своем составе способных к окислению элементов.

Из всех видов альтернативных топлив отдельно стоит выделить водород. Дело в том, что его добавка не только способна заменить энергоресурс части бензина или дизельного топлива. Его действие более интересно – водород обладает высокой скоростью диффузии, из чего вытекает его способность образовывать однородную смесь в камере сгорания за очень короткий промежуток времени [1]. Кроме того весьма значимым остаётся тот факт, что низшая удельная теплота сгорания водорода примерно в 3 раза выше чем у бензина [2-4].

При горении водорода толщина зоны гашения (пристеночный слой, в котором не идут окислительные процессы) меньше примерно в 5 раз, чем у углеводородных топлив. Это доказывает высокую эффективность воздействия водорода на кинетику сгорания смеси во всем объёме [5-7]. Соответственно возрастает полнота сгорания топлива, и уменьшается эмиссия токсических веществ, что приводит к существенному снижению вредных выбросов остаточных углеводородов и сажи, а также окисей углерода и азота. Данный факт подтверждается испытаниями, проведёнными Российским федеральным ядерным центром (РФЯЦ ВНИИЭФ) совместно с Институтом катализа им. Г.К. Борескова и ОАО «АвтоВАЗ» на моторном стенде Тольяттинского государственного университета (ТГУ) в 2004 году [3].

Испытания проводились на двигателе ВАЗ-21102 с добавками чистого водорода в бензино-воздушную смесь. Именно при этих испытаниях была показана возможность снижения выбросов NO_x и CO без специальной обработки выхлопных газов (отсутствие каталитического нейтрализатора), повышение КПД двигателя и уменьшение расхода топлива [2].

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Успешное применение двигателей внутреннего сгорания, разработка опытных конструкций и повышение экологических и экономических показателей стали возможны в значительной мере благодаря исследованиям и разработке теории рабочих процессов в двигателях внутреннего сгорания.

Теоретически определить влияние добавки водорода на экологические и экономические показатели двигателя возможно посредством расчета параметров рабочего тела и расчета количества отдельных компонентов продуктов сгорания. Это позволит с достаточной степенью точности аналитическим путем определить экологические параметры вновь проектируемого двигателя, и сравнить их с реально существующим двигателем.

Для решения поставленных задач необходимо произвести расчеты действующего двигателя при его работе на основном моторном топливе, а затем проводить расчеты с учетом добавки водорода к моторному топливу, с учетом различных соотношений моторное топливо - водород. В связи с этим исходные параметры двигателя будут браться из характеристик существующего двигателя. Ниже приведены расчеты параметров рабочего тела и количества отдельных компонентов продуктов сгорания четырехтактного двигателя с распределенным впрыском топлива и электронным управлением системой питания и зажигания, предназначенного для легкового автомобиля.

Задание среднего элементарного состава топлива. Для расчета в качестве основного моторного топлива принят: автомобильный бензин. Элементарный состав бензина на прямую зависит от типа содержащихся в нем углеводородных соединений, что в свою очередь зависит от месторождения нефти, из которой произведен бензин. В среднем, элементарный состав бензина в процентном соотношении представляет: углерод – 85,5-86,0%; водород – 14,4-14,0%; азот – 0,0-0,03%; сера – 0,01% [6]. Для расчета средний элементарный состав принят: углерод – 85,5%; водород – 14,5%; содержанием азота и серы пренебрежем.

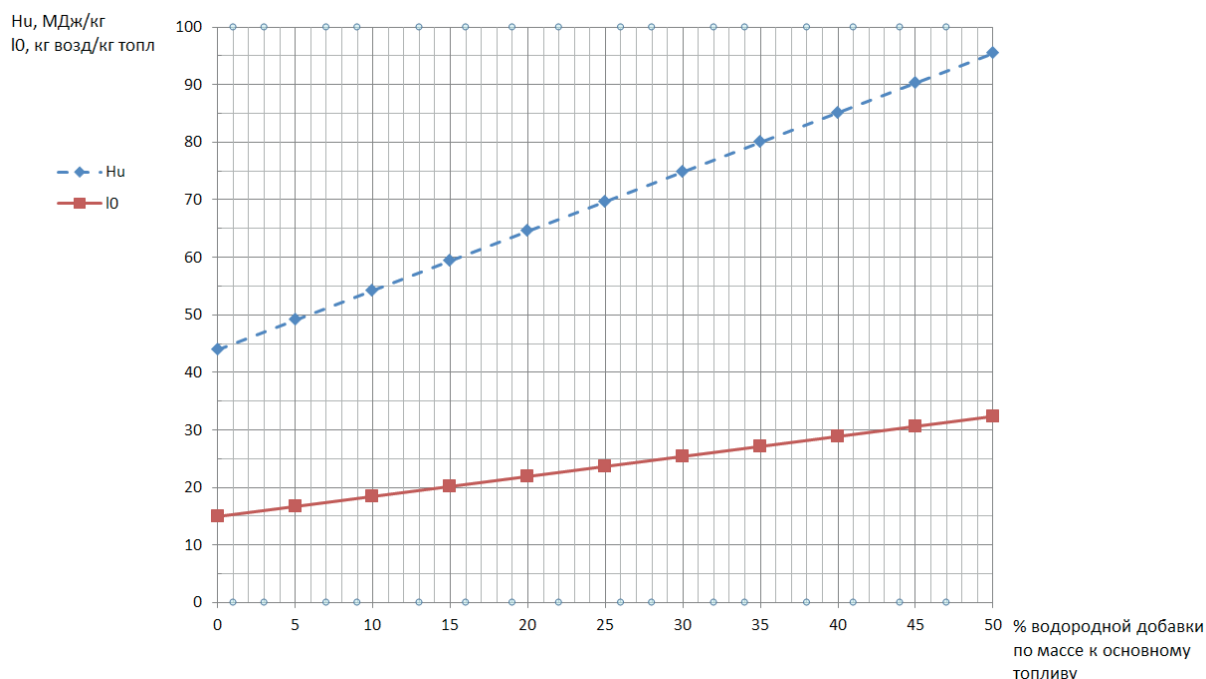


Рис. 1. Зависимость нижней удельной теплоты сгорания и теоретически необходимого количества воздуха от добавки водорода

В качестве добавки при расчетах использован чистый водород в газообразном состоянии.

Расчеты произведены для различных процентных соотношений бензина и водорода от 0 до 50% с шагом 5% добавки водорода к основному моторному топливу по массе. Средний элементарный состав топлива рассчитывался в процентном соотношении отдельно для основного моторного топлива и отдельно для водородной добавки.

Начальным этапом расчета параметров рабочего тела является определение нижней теплоты сгорания топлива и теоретически необходимого количества воздуха. Теплота сгорания – это количество теплоты выделившейся при полном сгорании массовой (объемной) единицы вещества. Низшая теплота сгорания определяется по формуле Менделеева [8], которая в нашем случае имеет вид

$$H_u = 33,91 \cdot C + 125,60 \cdot H - 10,89 \cdot (O - S) - 2,51 \cdot (9H + W), \quad (1)$$

где C , H , O , S – процентное содержание в топливе (углерода, водорода, кислорода и серы соответственно); W – содержание влаги.

Определяется теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива, L_0 – кмоль воздуха/кг топлива; l_0 – кг воздуха/кг топлива.

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} \right), \quad (2)$$

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \cdot \left(\frac{8}{3} \cdot C + 8 \cdot H - O \right). \quad (3)$$

Стоит отметить, что при расчете параметров рабочего тела при горении топливовоздушной смеси с применением водородной добавки, низшая удельная теплота сгорания и теоретически необходимое количество воздуха рассчитывались отдельно для 1кг бензина и отдельно для определенного процента водородной добавки и в дальнейшем суммировались. Приведем необходимое количество воздуха при разных соотношениях основное топливо - водород к постоянному значению с учетом обеспечения стехиометрического соотношения, путем уменьшения доли основного моторного топлива. Произведем повторный расчет нижней удельной теплоты сгорания полученной смеси [9, 10].

Следующим этапом расчета параметров рабочего тела является определяем количе-

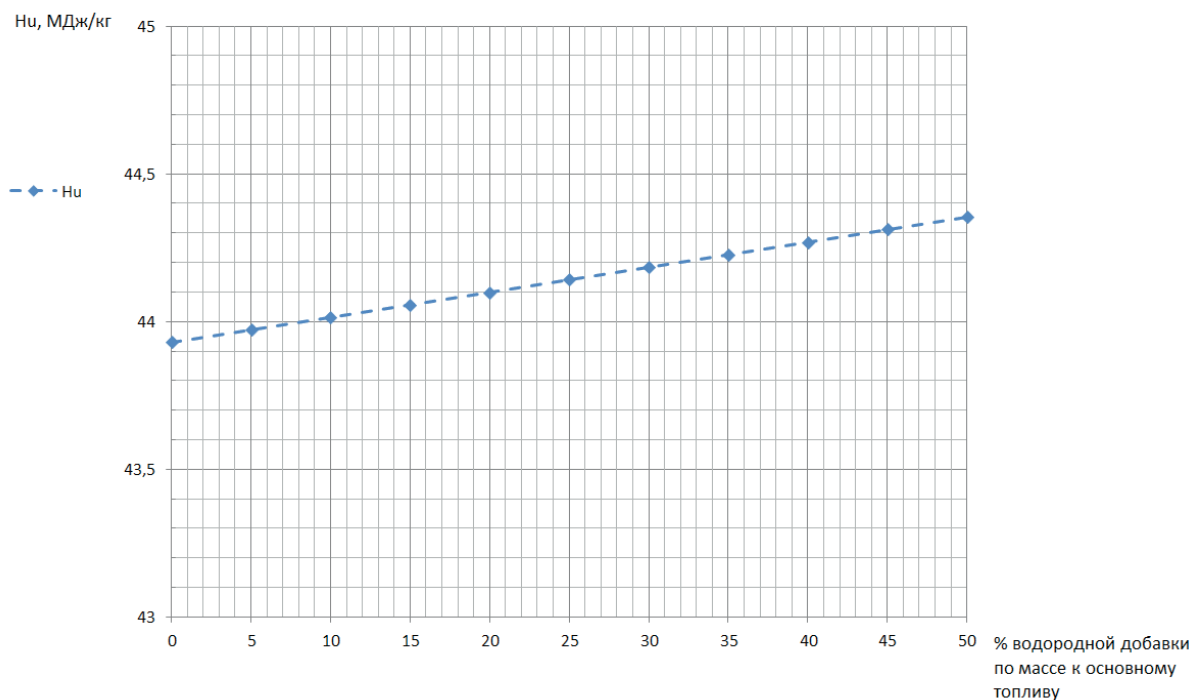


Рис. 2. Зависимость нижней удельной теплоты сгорания от добавки водорода

ства горючей смеси, которое определяется по формуле 4:

$$M_1 = \alpha \cdot L_0 + \frac{1}{m_T}, \quad (4)$$

где α – коэффициент избытка воздуха, который принимается $=1,0$ – для основных режимов работы, $=0,96$ – для режима минимальной частоты вращения (холостой ход), $=0,98$ – для режима максимальной скорости движения (максимальные обороты); m_T – средняя молекулярная масса топлива.

После определения теоретически необходимого количества воздуха и количества горючей смеси можно приступить к определению количества отдельных компонентов продуктов сгорания для различных режимов работы двигателя, которые определяются по формулам 5 – 9 [8]. Результаты расчетов для режима холостого хода сведены в график, представленный на рисунке 3.

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} + 2 \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0. \quad (5)$$

$$M_{CO} = 2 \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0. \quad (6)$$

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} - 2 \cdot K \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0. \quad (7)$$

$$M_{H_2} = 2 \cdot K \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0. \quad (8)$$

$$M_{N_2} = 0,792 \cdot \alpha \cdot L_0. \quad (9)$$

Однако нельзя не отметить, что данный расчет опирается только на физико-химические свойства отдельных веществ и не охватывает в полной мере процессы, происходящие в камере сгорания ДВС. Кроме того данный подход не отражает реальную картину процессов, протекающих в двигателе. Прежде всего, не учитывались переменный состав рабочего тела, теплоотвод и динамика подвода теплоты. Принятая модель сгорания никак не учитывает продолжительность сгорания и скорость горения, в связи с этим, при оценке работы двигателя с использованием различных видов топлива, конечные параметры, будут зависеть только от энергетических особенностей топлива. Поэтому данная методика расчета удобна лишь для предварительной оценки предполагаемого уровня экономичности и нагруженности рассчитываемого двигателя.

ВЫВОДЫ

1. Актуальность данной темы обусловлена возрастающим количеством автомобильного транспорта и решением проблемы его воздействия на качество городской среды и здоровье населения.

2. В результате анализа физико-химических свойств водорода выявлено, что приме-

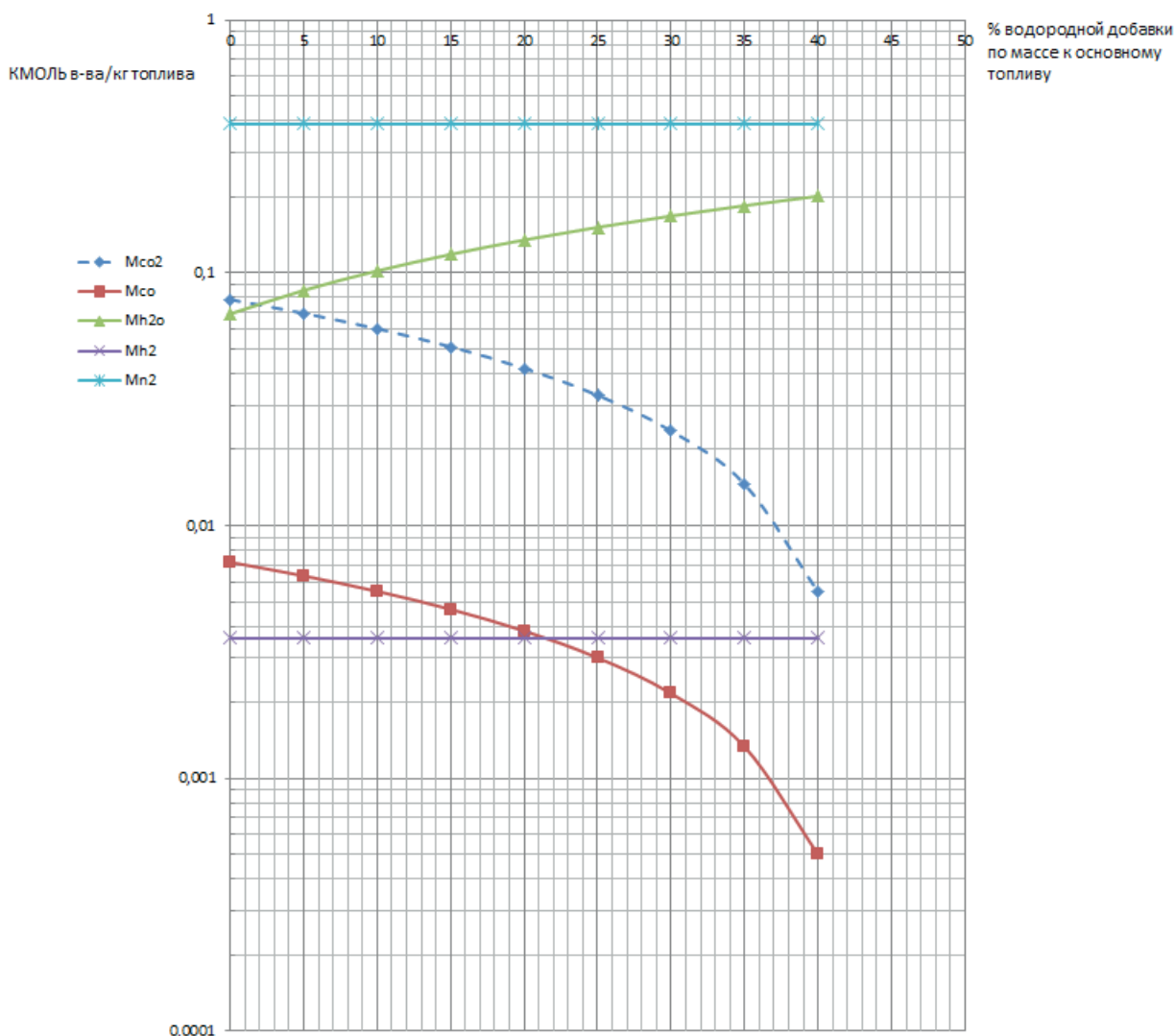


Рис. 3. Зависимость отдельных компонентов продуктов сгорания от добавки водорода

нение водорода в качестве иницирующей добавки к основному топливу может благоприятно отразиться на экологических показателях ДВС.

3. Проведенные расчеты дают возможность принципиально установить влияние иницирующей добавки, подаваемой в камеру сгорания, на экологические показатели двигателя. Однако стоит отметить, что для достижения более точных результатов необходимо скорректировать расчеты с учетом влияния скорости горения и распространению фронта пламени. Так же необходимо более качественно отработать алгоритм согласования подачи водородной добавки относительно основного моторного топлива и количества воздуха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фомин, В.М. Водород как химический реагент для совершенствования показателей работы автомобильного двигателя с НВБ / В.М. Фомин, А.С. Платунов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 4(22). – С. 30-39.
2. Певнев, Н.Г. Анализ свойств водорода с целью возможности его применения в качестве добавки к основному топливу / Н.Г. Певнев, В.В. Понамарчук / Прогрессивные технологии в транспортных системах. – 2015. – С. 304-309.
3. Перетрухин, С.Ф. Бортовой генератор синтез-газа для ДВС с искровым зажиганием / С.Ф. Перетрухин, О.Ф. Бризицкий, В.А. Ки-

риллов, Н.А. Кузин, С.И. Козлов // Транспорт на альтернативном топливе, – 2010. – № 5(17). – С. 68-74.

4. Мацкерле, Ю. Современный экономичный автомобиль / В. Б. Иванова, А. Р. Бенедиктова. – М. : Машиностроение, 1987. – 320 с.

5. Физико-химические свойства и способы добычи водорода / В.В. Понамарчук // Фундаментальные и прикладные науки - основа современной инновационной системы : материалы междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов, и молодых учёных 02-13 фев. 2015 г. / СибАДИ. – Омск, 2015. – С. 27-32.

6. Смоленская, Н.М. Влияние добавки водорода на процесс горения в бензиновых двигателях с искровым зажиганием / Н.М. Смоленская, В.В. Смоленский, А.П. Шайкин // Прогресс транспортных средств и систем. – 2009. – С. 247-248.

7. Талда, Г.Б. Повышение топливной экономичности и снижение токсичности бензиновых двигателей добавкой водорода к бензину : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.04.02 / Г.Б. Талда ; науч. рук. доц. А.И. Мищенко ; Харьковский автомобильно-дорожный институт – Харьков, 1984. – 213 с.

8. Колчин, А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей : учеб. пособие для вузов / А.И. Колчин, В.П. Демидов. – 4-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2008. – 496 с.

9. Eriksson, L. Spark Advance Modeling and Control / L. Eriksson // Doctoral thesis. – 1999. - 207 с.

10. Heywood, J.B. Combustion and its modelling in spark-ignition engine / J.B. Heywood // International symposium COMODIA. – 1994. - 930 с.

INFLUENCE OF HYDROGEN ADDITIVE TO FUEL, ON ECOLOGICAL INDICATORS AUTOMOBILE ICE

N. Pevnev; V. Ponamarchuk

Abstract. *The idea that use of hydrogen as the initiating additive to the main fuel, leads to increase in economic and ecological indicators of ICE is proved. Special attention is paid to physical and chemical properties of hydrogen and its role when burning in a combustion chamber. In article the example of theoretical calculation of parameters of a working body and calculation of quantity of separate components combustion materials is carried out. The calculation is for four-stroke petrol engine with multipoint injection and electronically controlled power supply system and ignition at different percentage ratios of gasoline and hydrogen. Results of calculations are analyzed.*

Keywords: *Hydrogen, the initiating additive, ecology, combustion materials, automobile ICE.*

REFERENCES

1. Fomin V. M., Platonov A. S. Hydrogen as a chemical reagent for improving the performance of automotive engine with direct injection of gasoline [Transport on alternative fuel]. 2011, no 4(22), pp. 30-39.

2. Pevnev N. G., Ponamarchuk V. V. Analysis of the properties of hydrogen to its use as an additive to the main fuel [Progressive technologies in transport systems]. 2015, pp. 304-309.

3. Peretrukhin F. S., Brizitsky A. F., Kirillov V. A., Kozlov S. I. Board generator synthesis gas for the internal combustion engine with spark ignition [The alternative fuel Transport]. 2010, no 5(17), pp. 68-74.

4. Mackerle Y. Modern economical car. Moscow, Mashinostroenie, 1987. 320 p.

5. Ponamarchuk V. V. Physico-chemical properties and methods of hydrogen production [Fun-

damental and applied science - the Foundation of modern innovation system]. materials of Intern. scientific.-tech. conf. students, postgraduates, and young scientists, 2015, – pp. 27-32.

6. Smolenskaya N. M. The influence of additives of hydrogen on the combustion process in petrol engines with spark ignition [Progress vehicles and systems]. 2009, pp. 247-248.

7. Talda, G. B. Improving fuel economy and reducing the toxicity of gasoline engines by the addition of hydrogen to gasoline. Kharkov, 1984. – 213 p.

8. Kolchin A. I., Demidov V. P. Calculation of automobile and tractor engines [Manual for schools]. Moscow. : Higher school, 2008. 496 p.

9. Eriksson, L., Spark Advance Modeling and Control [Doctoral thesis]. 1999. 207 p.

10. Heywood, J. B. Combustion and its modelling in spark-ignition engine [International symposium COMODIA]. 1994. 930 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Певнев Николай Говрилович (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры Эксплуатация и ремонт автомобилей ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Nikolai G. Pevnev (Omsk, Russia) – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of Department of Exploitation and repair of cars of Siberian State Automobile and Highway University (644080, Omsk, Mira ave., 5).

Пономарчук Владимир Викторович (Омск, Россия) – аспирант 3го года обучения, направления 23.06.01 «Техника и технологии наземного транспорта» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, E-mail: skif9210@mail.ru).

Vladimir V. Ponomarchuk (Omsk, Russia) –3rd year student of postgraduate courses, directions 23.06.01 “technology of surface transport” Siberian State Automobile and Highway University (644080, Omsk, Mira ave., 5, E-mail: skif9210@mail.ru).

УДК 355.54

ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ПОДВИЖНЫХ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

*И.Ю. Шевченко, С.С. Поярков, С.С. Зиновьев
Омский автобронетанковый инженерный институт, г. Омск, Россия*

Аннотация. В статье рассматривается проблема выбора тренажера для подвижных средств технического обслуживания и ремонта. В ходе исследования приведены подходы к разработке тренажеров разными предприятиями, а также их недостатки. На основе правил ациклического логического алгоритма приведена классификация учебно-тренировочных средств, которая позволила сформулировать путь решения по данной проблеме. В ходе работы обоснован рациональный выбор использования комплексных тренажеров в качестве базового прототипа с целью дальнейшего создания учебно-тренировочного средства для подготовки специалистов подвижных средств технического обслуживания и ремонта.

Ключевые слова: учебно-тренировочное средство, тренажеростроение, подвижное средство технического обслуживания и ремонта, комплексный тренажер.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современных технологий предопределило изменение в подходах к созданию новых образцов техники. Это утверждение в полной мере относится к процессу разработки и эксплуатации систем профессиональной подготовки специалистов к деятельности в сложных технических средах, к которым относятся и учебно-тренировочные средства для образцов техники.

Целью данной работы ставится решение проблемы выбора тренажера подвижного средства технического обслуживания, для его дальнейшего создания, которое позволит повысить качество подготовки специалистов подвижных средств технического обслуживания и ремонта.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ПСТОР

На современном этапе в Вооруженных силах РФ эксплуатируется большое количество учебно-тренировочных средств (УТС) для подготовки специалистов.

Все это свидетельствует о том, что решение вопросов организации эффективной технической подготовки операторов в современных условиях и получение качественных ее результатов, напрямую связано с техническим уровнем оснащения средств обучения и их возможностями. [1]

Современный этап развития тренажеростроения характеризуется широким практическим применением различных технологий, позволяющих создавать технические средства

для профессиональной подготовки, отличающиеся малой стоимостью тренажера, относительной простотой разработки программного продукта, заданной полноты и высокой наглядностью моделируемых процессов [2, 3].

В настоящее время тренажеры широко применяются для подготовки специалистов в Вооруженных силах [4, 3, 5], энергетике [6], судоходстве [7, 8], нефтехимической и других промышленности [2, 9, 10, 11].

Анализ показывает, что в основном значения характеристик идентичны, что объясняется заданием общих тактико-технических требований на разработку тренажеров. Однако, в связи с разработкой тренажеров в разные периоды времени все-таки отличия в некоторых характеристиках имеются. Так, тренажеры, разработанные ОАО «Муромтепловоз», обладающие такими преимуществами как малые габариты и потребляемая мощность, относительно невысокая стоимость, имеют и недостатки: низкое качество системы визуализации и недостаточная адекватность динамического воздействия на обучаемого. В тоже время высокое качество системы визуализации присутствует в тренажерах ООО ПФ «Логос». Но, к сожалению, на протяжении последних 10 лет предприятие недостаточно качественно обрабатывает эксплуатационную документацию. Тренажеры, разработанные ОАО «КЭМЗ» и ОАО «Муромское СКБ» отличаются адекватной имитацией динамического воздействия на обучаемых, но питаются от промышленной трехфазной сети 380В, 50Гц.

Разработкой тренажеров для подготовки экипажей занимаются ООО ПФ «Логос», ОАО «ЦКБА», ОАО «Тулаточмаш». Тренажеры типа ДТЭ и КТ были разработаны в период 2003-2005 гг. Тренажер типа ТЭК разработан в рамках ГОЗ -2008-2010гг. серии «Бароскоп» по заказу ГАБТУ МО РФ.

Основным отличием в характеристиках тренажеров экипажей помимо уже вышеупомянутых на тренажерах вождения, являются организация имитации рабочих мест членов экипажа на основе штатных органов управления и КИП (ООО ПФ «Логос») и на основе виртуальной среды.

Вместе с тем использование этой системы для применения в качестве виртуальной среды с целью качественной подготовки военнослужащих не достаточно эффективен и проявляются в невозможности обеспечения высокой степени приближенности к реальной обстановке моделируемого объекта. В ряде случаев, таких как подготовка специали-

стов-ремонтников применение компьютерных тренажеров сильно ограничено и допустимо только на начальных этапах подготовки. В большинстве случаев требования к современным тренажерным системам и комплексам в настоящее время весьма жесткие и перекрыть все имеющиеся нужды средствами одной лишь компьютерной графики невозможно. Поэтому законченная современная тренажерная система должна включать в себя помимо «зрительной симуляции», средства «чувствительной симуляции» любой реальной обстановки, способствующая формированию моторики выполнения тех или иных действий оператора и получения при этом обратной связи, будь то для водителя, пилота, космонавта, танкиста или оператора электростанции. При обучении только на компьютерных тренажерах всегда есть опасность подготовки не реальных, а «виртуальных специалистов», неспособных к профессиональному выполнению реальных задач, поэтому применение виртуальных симуляторов в подготовке военных специалистов ни в коем случае не исключает проведения практических занятий на реальном объекте изучения [13].

В связи с этим можно сделать вывод что типичный подход к построению и выбору тренажера для освоения подвижных средств технического обслуживания и ремонта (ПСТОР) на основе только автоматизированного аппаратно-программного комплекса (информационных технологий) не достаточно эффективен и требует более глубокого анализа.

Основные затруднения связанные с выбором тренажера связаны с тем, что сегодня отсутствуют четкие критерии определения его типа с точки зрения ее функциональной ориентированности. В связи с этим выбор тренажера предполагает существование четкой классификации тренажеров, а также существование общепринятых правил установления функций каждого компонента этой классификации [12, с.48].

Используемые в настоящее время тренажеры в зависимости от целевой ориентированности в общем их понимании можно условно разделить на четыре группы:

- Специализированный тренажер – предназначенный для подготовки личного состава к выполнению деятельности по определенной специальности.

- Универсальный тренажер – предназначен для подготовки личного состава к выполнению идентичных действий в различных системах «Человек–машина» (далее по тексту СЧМ).

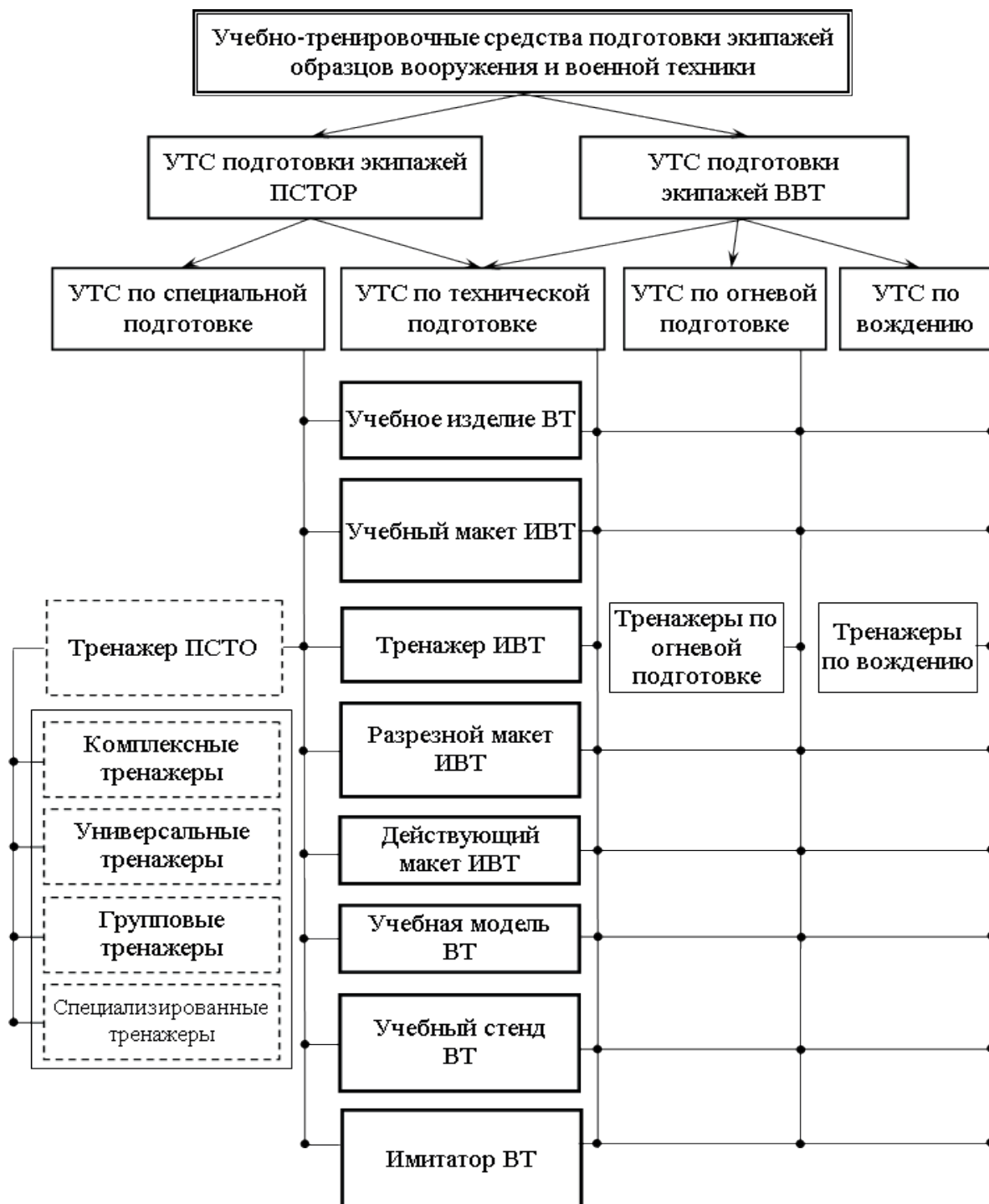


Рис. 1. Классификация УТС для подготовки экипажей ВС РФ

- Групповой тренажер – предназначенный для подготовки личного состава взаимосвязанных СЧМ.

- Комплексный тренажер – предназначенный для совместной подготовки личного состава в полном объеме алгоритма деятельности оператора, деятельность которого осу-

ществляется по нескольким специальностям.

Согласно правилам ациклического логического алгоритма согласно ГОСТ 26387-84, а также на основе зависимости от ориентированности организации тренажа [12] и ГОСТ РВ 52534-2006, на рисунке 1 приведена классификация УТС для подготовки экипажей ВС РФ.

В свою очередь анализ структуры УТС показал, что данные средства для освоения ПСТОР отсутствуют.

Подготовка специалистов по ремонту и обслуживанию военной техники осуществляется с использованием УТС по технической подготовки позволяющая изучить только устройство, работу агрегатов и систем обслуживаемых образцов техники.

Учебно-тренировочные средства для изучения средств ТО и Р и применения их технологического оборудования отсутствуют, поэтому необходима разработка комплекса этих тренажерных средств обеспечивающих подготовку специалистов-ремонтников в данном направлении.

В наибольшей степени наилучшие результаты при освоении ПСТОР могут быть достигнуты за счет применения комплексных тренажеров. Данные тренажеры обеспечивают:

- подготовку одного специалиста по разным специальностям – последовательно во времени;

- всегда одновременную подготовку коллектива операторов разных специальностей;

- индивидуальную одновременную, т.е. одновременную автономную тренировку каждого члена коллектива в полном объеме его функциональных обязанностей;

- индивидуальную тренировку каждого члена коллектива – строго поочередно [12, с.54].

Приводимые характеристики позволят в полной мере осуществлять изучение устройства, принципов и порядка работы агрегатов и систем обслуживаемых и ремонтируемых образцов техники, а также при изучении автомобильных базовых шасси или гусеничного шасси ПСТОР. В тоже время, комплексный тренажер реализует освоение порядка использования производственно-технологического оборудования ПСТОР.

Вместе с тем оператору СЧМ требуется получить как можно более глубокое представление о принципах функционирования системы и ее подсистем, о внутренних и внешних связях, о взаимообусловленности режимов функционирования системы, поэтому тренажер должен давать возможность обучаемому самому: [12, с.35]:

- «разворачивать» структуру системы и ее элементов;

- изменять конфигурацию системы в зависимости от предъявляемой ему ситуации, являющиеся характеристикой текущей внешней обстановки или же текущего технического состояния элементов системы;

- исследовать взаимосвязь точности выработываемой информации с конфигурацией системы (режимом ее функционирования), что способствует глубокому и устойчивому пониманию конструктивно-функционально-информационного образца изучаемой системы;

- «включать» и «отключать» систему, «локализовать неисправность», т.е. подробно знакомится и усваивать формальные требования и их логическую обоснованность в отношении конкретных процедурных действий на реальном образце техники;

- оперативно получать информацию не только о самом факте допущенной ошибки, но и иметь возможность самому уточнить, в чем заключается ошибочность действий и их причина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перспективным направлением интенсификации подготовки специалистов является применение тренажеров, позволяющих одновременно ускорить процесс подготовки в 1,2 – 1,6 раза, обеспечить экономию технического ресурса ВВТ на 30 – 40% и снизить эксплуатационные затраты на топливо, запасные части и комплектующие изделия на 38 – 40% в год. Специалисты-ремонтники востребованы во всех видах и родах ВС, а их деятельность по организации обслуживания и восстановления базовых шасси военной техники в основе своей аналогична.

Для создания учебно-тренажерного средства ПСТОР необходимо формирование имитационной модели, в основе которой будет математическая модель, дающей четкое представление о взаимосвязях и закономерностях изменения элементов исследуемого процесса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Духно А.В. К вопросу о необходимости создания тренажера по формированию навыка управления производственным процессом в подвижных ремонтных органах [Текст] / С.С. Кутовой, А.В. Духно // Материалы XXXVIII научно-методической конференции 2008 г. – Рязань: РВАИ, 2008. – С. 299-300.

2. Панфилов А.Э. Конструирование виртуальных технологических процессов для системы компьютерной поддержки подготовки инженеров-системотехников [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.13.10 : защищена 10.09.06 / Панфилов Александр Эдуардович. – Астрахань, 2006. - 105с.

3. Зорин А.А. Методика построения ин-

теллектуальных тренажеров для подготовки офицеров войсковых частей [Текст]: дис. канд. техн. наук: 20.01.06: защищена 10.05.99 / Зорин Александр Александрович. – Пермь, 1999. – 148с.

4. Оружие и технологии России. Энциклопедия. XXI век Тренажеры и технические средства обучения Том 18 [Текст] / Научно-техническое издание/ под общей редакцией Министра обороны Российской Федерации А.Э. Сердюкова. - Издательский дом «Оружие и технологии», - М., 2009. – 623с.

5. Заяц Т.М. Состав и структура учебно-тренировочных компьютерных средств учетно-планирующей деятельности специалиста автомобильной службы [Текст]: дис. канд. техн. наук: 20.02.17 : защищена 18.06.05 / Заяц Татьяна Михайловна. – Рязань, 2005. – 203с.

6. Чачко А.Г. Выбор принципов подготовки оперативного персонала для атомных электростанций [Текст] / А.Г. Чачко. Электрические станции. – М.: «Академия», 1983, №12. – с.9-13.

7. Бичаев Б.П. Морские тренажеры [Текст] / Б.П. Бичаев, В.М. Зеленин, Л.И. Новик. – Л.: Судостроение, 1986. – 283с.

8. Айзинов С.Д. Теоретические и методические основы создания экспертной системы по оценке эффективности морских тренажеров [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.12.13: защищена 10.05.07 / Сергей Дмитриевич Айзинов. – Санкт-Петербург, 2007. – 168 с.

9. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов – теория, методология построения и использования [Текст]: дис. докт. техн. наук: 05.13.01, 05.13.06: защищена 6.04.99 / Дозорцев Виктор Михайлович. – М.: 1999. – 387 с.

10. Ершов М.А. Зарубежные тренажерные системы подготовки персонала для управления химическими производствами [Текст] / М.А. Ершов. Химическая промышленность за рубежом / НИИТЭХИМ. – М.:1987. Вып.8 (296). – С.56-57.

11. Создание интеллектуальных информационно-моделирующих обучающих комплексов (тренажеров) для сложных химико-технологических объектов [Текст] / Сб. науч. трудов ОКБА НПО «Химавтоматика» / под ред. Арунянца Г.Г. – Ереван: Арм НИИНТИ, 1989. – 75с.

12. Недзельский И.И. Морские навигационные тренажеры: проблема выбора / И.И. Недзельский – 2-е изд. – Санкт-Петербург: ОТИИ, 2006. – 219 с.

13. Болтунов В.Л. Совершенствование тренажерных средств для подготовки специалистов на факультетах (кафедрах) военного обучения вузов [Текст] / Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики. Институт комплексного военного образования - Санкт-Петербург, 2013. – 5 с.

ISSUE OF SIMULATOR CHOICE FOR MOBILE FACILITIES OF MILITARY VEHICLES MAINTENANCE AND ITS SOLUTION

I.Yu. Shevchenko, S.S. Poyarkov, S.S. Zinov'ev

Abstract. *The article regards the issue of simulator choice for mobile facilities of maintenance. The authors analyze approaches to simulator development by different enterprises and their shortcomings. They classify training equipment based on the principles of the acyclic logic algorithm. It allows them to formulate the solution approach of the given problem. The authors explain the rational choice of full-scale simulators usage as a standard prototype of training equipment creation for training specialists of mobile facilities of maintenance.*

Keywords: *training equipment, simulator development, mobile facilities of maintenance, a full-scale simulator.*

REFERENCES

1. Duhno A.V. K voprosu o neobhodimosti sozdaniya trenazhera po formirovaniyu navyka upravleniya proizvodstvennym protsessom v podvizhnyh remontnyh organah [Necessity of the simulator creation for habit training of the process

control in mobile maintenance bodies]. *Materialy XXXVIII nauchno-metodicheskoy konferentsii*, 2008, pp. 299-300.

2. Panfilov A.E. Konstruirovaniye virtual'nyh tehnologicheskikh protsessov dlya sistemy komp'yuternoy podderzhki podgotovki inzhenerov-sistemotekhnikov [Virtual work processes de-

sign for computer support system in system engineers' training]. Astrahan', 2006. 105 p.

3. Zorin A.A. Metodika postroeniya intellektual'nyh trenazherov dlya podgotovki ofitserov voyskovykh chastey [Intellectual simulator construction procedure for military officers' training]. Perm', 1999. 148 p.

4. Serdyukov A.E. XXI vek. Trenazhery i tehnichekieskie sredstva obucheniya [XXI century. Simulators and training equipment]. Izdatel'skiy dom «Oruzhie i tehnologii», Moscow, 2009, Tom 18. 623 p.

5. Zayats T.M. Sostav i struktura uchebno-trenirovochnykh komp'yuternykh sredstv ucheno-planiruyushey deyatel'nosti spetsialista avtomobil'noy sluzhby [Structure and components of training computer equipment in accounting and planning activity of the automotive unit specialist]. Ryazan', 2005. 203 p.

6. Chachko A.G. Vybor printsipov podgotovki operativnogo personala dlya atomnykh elektrostantsiy [Selection of operating personnel approaches for atomic power plants]. Akademiya, 1983, №12, pp.9-13.

7. Bichaev B.P. Morskie trenazhery [Naval simulators]. Leningrad, Sudostroenie, 1986. 283 p.

8. Ayzinov S.D. Teoreticheskie i metodicheskie osnovy sozdaniya ekspertnoy sistemy po otsenke effektivnosti morskikh trenazherov [Theoretical and methodical principles of expert system creation for the estimation of naval simulators effectiveness]. St. Petersburg, 2007. 168 p.

9. Dozortsev V.M. Komp'yuternye trenazhery dlya obucheniya operatorov tehnologicheskikh protsessov - teoriya, metodologiya postroeniya i ispol'zovaniya [Computer simulators for work process operator training – theory, methodology of construction and exploitation]. Moscow, 1999. 387 p.

10. Ershov M.A. Zarubezhnye trenazhernye sistemy podgotovki personala dlya upravleniya himicheskimi proizvodstvami [Foreign simulator systems for personnel training in chemical industry control]. NIITEHIM, 1987, Vyp.8 (296), pp.56-57.

11. Arunyants G.G. Sozdanie intellektual'nykh informatsionno-modeliruyuschiy obuchayuschiy kompleksov (trenazherov) dlya slozhnykh himiko-tehnologicheskikh ob'ektov [Creation of intellectual informative and simulative training complexes for problematic chemical-engineering objects]. / [Proc. of the OKBA NPO «Himavtomatika»], 1989. 75 p.

12. Nedzel'skiy I.I. Morskie navigatsionnye trenazhery: problema vybora [Naval navigation control simulator: selection issue]. St.Petersburg: OTII, 2006, 2-e izd. 219 p.

13. Boltunov V.L. Sovershenstvovanie trenazhernykh sredstv dlya podgotovki spetsialistov na fakul'tetakh (kafedrah) voennogo obucheniya vuzov [Simulator development for specialists' training at faculties of military higher schools]. St. Petersburg, SPbGUITMO, 2013. 5 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шевченко Игорь Юрьевич (Россия, г. Омск) – адъюнкт Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г.Омск, 14 в/г, igor7485@bk.ru).

Shevchenko Igor' Yurievich (Russia, Omsk) – Postgraduate of Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 v/g, igor7485@bk.ru).

Поярков Сергей Станиславович (Россия, г.Омск) – профессор в кафедре эксплуатации (бронетанковой и автомобильной техники) Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/г).

Poyarkov Sergey Stanislavovich (Russia, Omsk) – Professor of the Exploitation (Armored and Automotive Vehicles) Department at Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 v/g).

Зиновьев Сергей Сергеевич (Россия, г. Омск) – адъюнкт Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/г, sergej_zinovev_82@mail.ru).

Zinoviev Sergey Sergeevich (Russia, Omsk) – Postgraduate of Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 v/g, sergej_zinovev_82@mail.ru).

.....

УДК 621.45.018.2

ОТЛАДКА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Е.В. Шендалева

ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, Россия

Аннотация. В статье рассматривается проблема оптимальной отладки гидромеханической части (ГМЧ) систем автоматического управления (САУ) газотурбинных двигателей (ГТД), выполняемой на полунатурных моделирующих стендах в темпе испытаний. Основное содержание исследования составляет решение задачи построения полунатурных испытательных стендов, максимально приближенных к условиям эксплуатации ГМЧ САУ ГТД. Рассмотрена оптимальная отладка ГМЧ САУ на основе функций А.М. Ляпунова, используемых в качестве интегральных критериев. Приведен метод гарантированного прогнозирования технического состояния ГМЧ САУ, описываемого вектором измеряемых параметров. Результаты исследования могут быть использованы для отладки и прогнозирования состояния различных технических систем.

Ключевые слова: система автоматического управления, газотурбинный двигатель, топливный регулятор, полунатурный испытательный стенд, прогнозирование технического состояния, математическое программирование.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях широкого применения газотурбинных двигателей в различных отраслях промышленности – в авиации, судостроении, топливно-энергетическом комплексе, на железнодорожном транспорте, – непрерывно возрастают требования к надежности ГТД и стабильности их эксплуатационных характеристик. Усложнение систем автоматического управления, в частности их гидромеханической части, связано с увеличением количества регулируемых переменных, участвующих в задании режима работы ГТД, и, как следствие, с увеличением числа структурных элементов, реализующих процесс автоматического управления. В связи с этим актуальность исследования и освоения новых эффективных технологий испытаний и отладки САУ ГТД не вызывает сомнения.

ОТЛАДКА САУ ГТД

Критерием достижения заданных технических характеристик согласованной работы ГТД и САУ могут служить результаты испытаний агрегатов САУ на полунатурном моделирующем испытательном стенде, используемом для приближения условий испытания агрегатов САУ к условиям их эксплуатации, а также для снижения затрат на совместные испыта-

ния ГТД и САУ. Испытания и отладка агрегатов САУ на таком стенде позволяют контролировать статические и динамические характеристики совместной работы ГТД и САУ, а также производить отладку ГМЧ совместно с электронным регулятором (моделью электронного регулятора), тем самым, обеспечивая безопасность эксплуатации ГТД и воздушных судов. По результатам контрольных испытаний, а особенно – по результатам длительных и ускоренных испытаний, возможна разработка прогноза параметрического состояния САУ.

На испытательных стендах производят отладку параметров ГМЧ САУ путём изменения положений регулирующих элементов (РЭ) и фиксации этих положений с помощью контртящих элементов (КЭ). Процесс отладки должен обеспечить номинальные значения выходных параметров ГМЧ, при этом уже ранее проведённую настройку параметров часто приходится неоднократно повторять для введения всех характеристик ГМЧ САУ в пределы допуска.

Для обеспечения оптимальных параметров настройки САУ на стенде должна быть установлена автоматизированная система управления отладкой, позволяющая выполнять последовательность операций по выбору КЭ либо РЭ и его перемещения в заданное положение. На рис. 1 представлена структурная схема полунатурного моделирующего испыта-

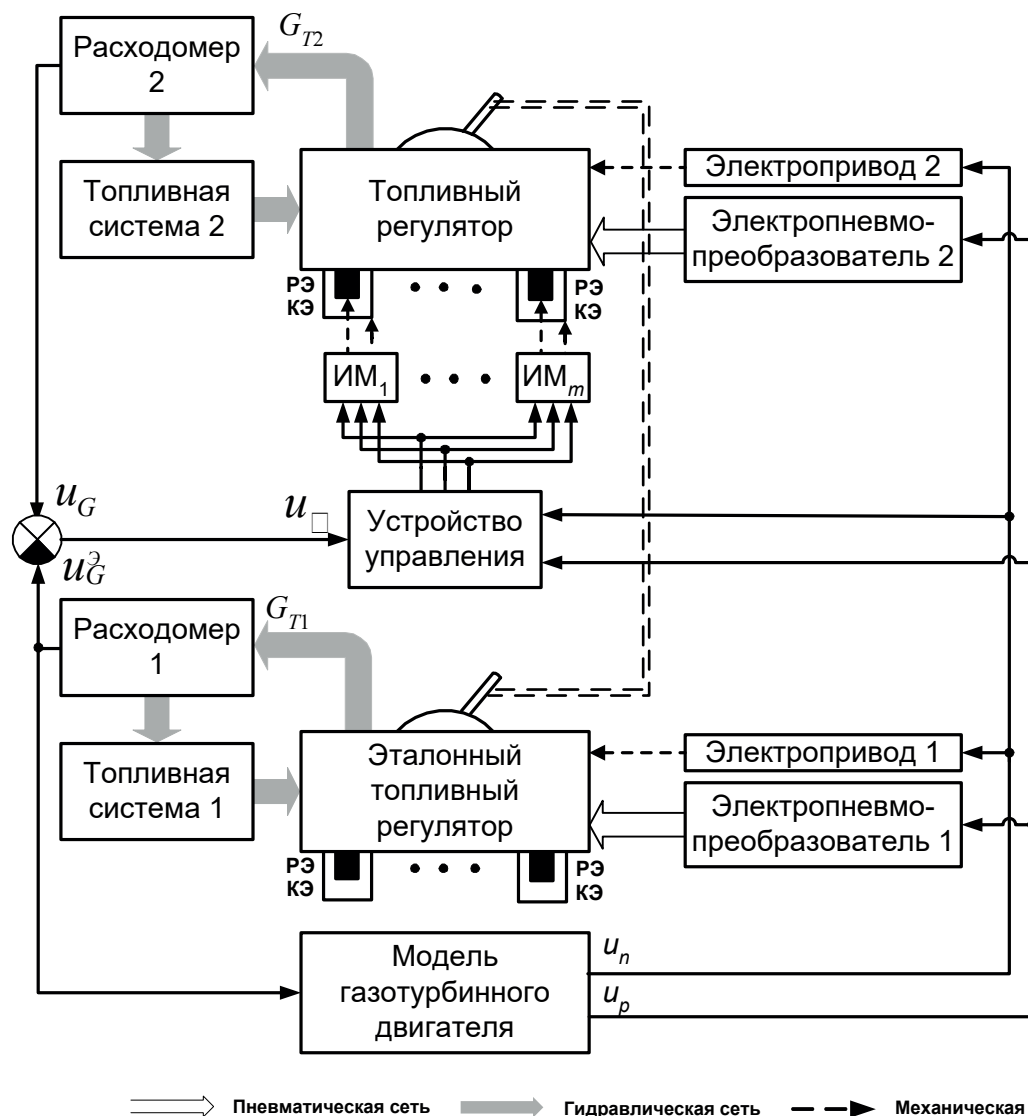


Рис. 1. Схема отладки топливного регулятора по эталонному топливному регулятору
 $ИМ_1 - ИМ_m$ – исполнительные механизмы перемещения РЭ и КЭ,
 u_n, u_p – сигналы по давлению воздуха за турбокомпрессором
 и частоте вращения рессоры топливного регулятора на выходе модели ГТД,
 u_G, u_G^3 – сигналы расхода испытуемого и эталонного топливного регулятора,
 u_ϵ – сигнал ошибки рассогласования по расходу топлива

тельного стенда для испытания ГМЧ САУ (топливного регулятора) [1]. Стенд содержит модель ГТД по контурам регулирования частоты вращения и давления воздуха за компрессором, эталонный топливный регулятор и преобразователи электрических сигналов с выхода модели ГТД в физические величины, подаваемые в топливный регулятор. На эталонном и испытуемом топливном регуляторе устанавливают один и тот же режим с помощью рычага управления двигателем ($\alpha_{руд}$). В соответствии с заданным режимом топливные ре-

гуляторы дозируют топливо, сливаемое затем в закольцованные топливные системы. Сигнал измеренного расхода топлива эталонного топливного регулятора передаётся в модель ГТД. Отладку испытуемого топливного регулятора осуществляют с использованием исполнительных механизмов перемещения РЭ и КЭ путём изменения положения РЭ до устранения рассогласования по расходу топлива между испытуемым и эталонным топливным регулятором и фиксации положения РЭ с помощью КЭ. Последовательность выполнения

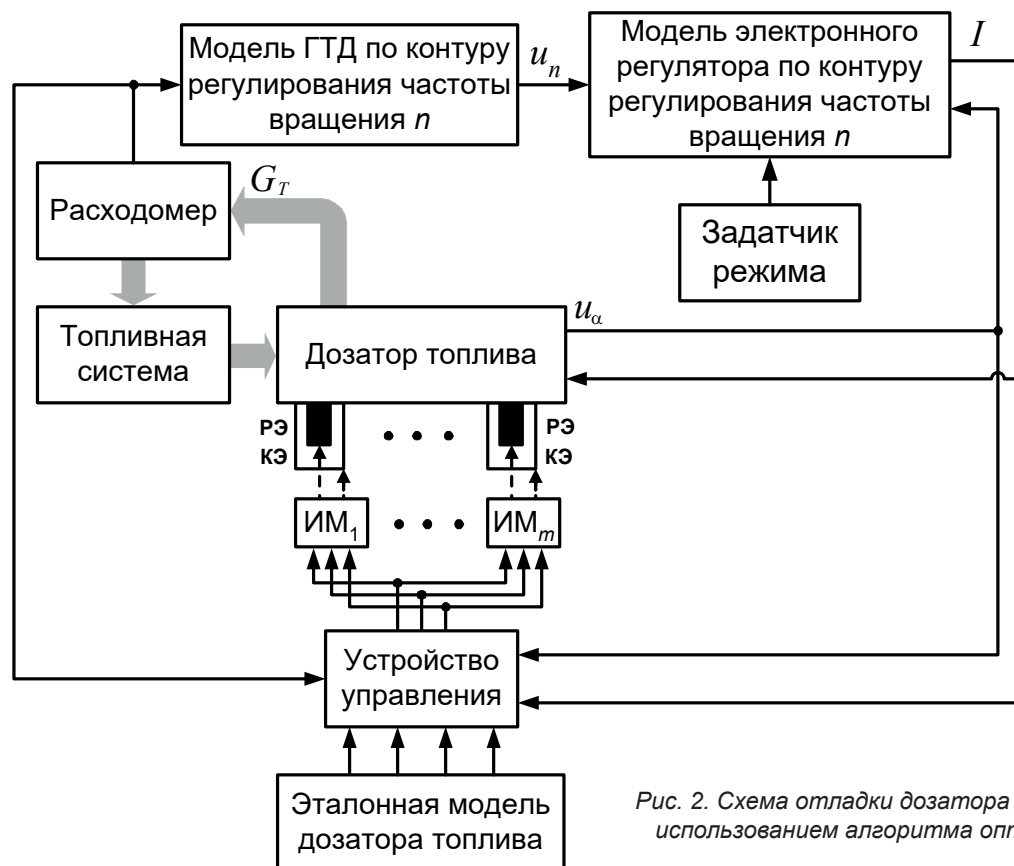


Рис. 2. Схема отладки дозатора топлива с использованием алгоритма оптимизации

операций может быть определена методикой регулировки топливного регулятора либо алгоритмами регулировки с использованием регрессионной, эталонной либо оптимизированной модели [2] топливного регулятора.

Алгоритм работы устройства управления, приводящий к устранению рассогласования ε , рассчитывают для каждого РЭ. Наиболее универсальным признан подход, основанный на применении функций А. М. Ляпунова [3]

$$V_1 = F(\varepsilon, \dot{\varepsilon}, u_n, \alpha_1); V_2 = F(\varepsilon, \dot{\varepsilon}, u_p, \alpha_2); \dots;$$

$$V_i = F(\varepsilon, \dot{\varepsilon}, u_i, \alpha_i),$$

где α_i – параметр, характеризующий положение РЭ, например, угол поворота. При этом определяют производную по времени каждой функции А. М. Ляпунова и накладывают на неё условие неположительности $dV_i/dt \leq 0$. Затем, исходя из условий устойчивости процесса настройки, определяют алгоритм настройки в виде $\dot{\alpha}_i \geq F(\varepsilon, \dot{\varepsilon}, u_n, u_p)$. Таким образом осуществляют отладку топливного регулятора по заданным параметрам u_n и u_p .

При использовании прямого метода А. М. Ляпунова по условиям устойчивости осуществляется компенсация взаимного влияния положения РЭ на выходные параметры топливного регулятора. Так как алгоритм настройки каждого РЭ будет сходящимся, то в случае одновременной настройки согласованных характеристик всех РЭ весь процесс отладки топливного регулятора будет сходящимся, устойчивым. Основным недостатком предложенного метода является возможная несогласованность характеристик различных РЭ.

Рассмотрим процесс отладки несогласованных характеристик ГМЧ на примере дозатора топлива (рис.2). Отладку дозатора топлива производят по эталонной модели дозатора, состоящей из последовательно соединённых аperiodических звеньев с передаточными функциями

$$W_1^\partial(s) = \frac{k_1^\partial}{T_1^\partial s + 1}; W_2^\partial(s) = \frac{k_2^\partial}{T_2^\partial s + 1};$$

$$W^\partial(s) = W_1^\partial(s) \cdot W_2^\partial(s).$$

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

В первом звене (электромеханический исполнительный механизм) токовый сигнал I преобразуется в угол поворота α или перемещение выходного элемента исполнительного механизма; во втором звене (дозировующий узел) угол поворота α или перемещение выходного элемента исполнительного механизма преобразуется в расход топлива G_T .

Эталонная модель дозатора топлива является линейной

$$\dot{\alpha} = A^{\ominus} \cdot \alpha + B^{\ominus} \cdot I, \dot{G}_T = C^{\ominus} \cdot G_T + D^{\ominus} \cdot \alpha,$$

где $A^{\ominus}, B^{\ominus}, C^{\ominus}, D^{\ominus}$ – заданные эталонные коэффициенты.

Коэффициенты дифференциальных уравнений

$$A^{\ominus} = -1/T_1^{\ominus}; B^{\ominus} = -k_1^{\ominus}/T_1^{\ominus}; C^{\ominus} = -1/T_2^{\ominus}; D^{\ominus} = -k_2^{\ominus}/T_2^{\ominus}.$$

Реальный дозатор топлива является нелинейным непрерывным объектом

$$\dot{\alpha} = A \cdot \Psi(\alpha) + B \cdot \Phi(I), \dot{G}_T = C \cdot Q(G_T) + D \cdot U(\alpha), \quad (1)$$

где A, B, C, D – матрицы коэффициентов; $\Psi(\alpha), \Phi(I), Q(G_T); U(\alpha)$ – нелинейные функции.

Уравнение адаптивной модели идентифицируемых параметров [4, 5]

$$\dot{\alpha}^M = A^M \cdot \Psi(\alpha^M) + B^M \cdot \Phi(I), \dot{G}_T^M = C^M \cdot Q(G_T^M) + D^M \cdot U(\alpha^M), \quad (2)$$

где A^M, B^M, C^M, D^M – перестраиваемые коэффициенты, равные по окончании процесса идентификации коэффициентам уравнений, описывающих дозатор топлива; $\dot{\alpha}^M, \alpha^M, \dot{G}_T^M, G_T^M$ – выходные параметры адаптивной модели.

При вычитании из уравнений (2) уравнений (1)

$$\Delta \dot{\alpha} = \Delta A \cdot \Psi(\alpha) + A^M \cdot \Delta \Psi + \Delta B \cdot \Phi(I), \Delta \dot{G}_T = \Delta C \cdot Q(G_T) + C^M \cdot \Delta Q + \Delta D \cdot U(\alpha) + D^M \cdot \Delta U,$$

где $\Delta A = A - A^M, \Delta B = B - B^M, \Delta C = C - C^M, \Delta D = D - D^M,$

$$\Delta \alpha = \alpha - \alpha^M, \Delta \dot{\alpha} = \dot{\alpha} - \dot{\alpha}^M, \Delta G_T = G_T - G_T^M, \Delta \dot{G}_T = \dot{G}_T - \dot{G}_T^M;$$

$$\Delta \Psi = \Psi(\alpha) - \Psi(\alpha^M), \Delta Q = Q(G_T) - Q(G_T^M), \Delta U = U(\alpha) - U(\alpha^M).$$

Сигналы невязки равны:

$$\varepsilon_1 = \Delta \dot{\alpha} - A^M \cdot \Delta \Psi = \Delta A \cdot \Psi(\alpha) + \Delta B \cdot \Phi(I),$$

$$\varepsilon_2 = \Delta \dot{G}_T - C^M \cdot \Delta Q - D^M \cdot \Delta U = \Delta C \cdot Q(G_T) + \Delta D \cdot U(\alpha).$$

Величины $\Delta \dot{\alpha}, \alpha, \alpha^M, A^M \cdot \Delta \Psi, \Delta \dot{G}_T, G_T, G_T^M, C^M \cdot \Delta Q, D^M \cdot \Delta U$ являются непосредственно наблюдаемыми или вычисляемыми через непосредственно измеряемые величины.

Для минимизации векторов невязки выбраны функции Ляпунова в виде положительно определённых квадратичных форм

$$V_1 = \frac{1}{2} (\Delta A \cdot K \cdot \Delta A^T + \Delta B \cdot L \cdot \Delta B^T), V_2 = \frac{1}{2} (\Delta C \cdot M \cdot \Delta C^T + \Delta D \cdot N \cdot \Delta D^T),$$

где K, L, M, N – положительно определённые диагональные матрицы заданных постоянных коэффициентов; $\Delta A^T, \Delta B^T, \Delta C^T, \Delta D^T$ – транспонированные матрицы разностей коэффициентов.

Производные квадратичных форм

$$\dot{V}_1 = \Delta A \cdot K \cdot \Delta \dot{A}^T + \Delta B \cdot L \cdot \Delta \dot{B}^T, \quad \dot{V}_2 = \Delta C \cdot M \cdot \Delta \dot{C}^T + \Delta D \cdot N \cdot \Delta \dot{D}^T,$$

При условии

$$\begin{aligned} \Delta \dot{A}^T &= -\varepsilon_1 \cdot \alpha / K = -\{\Delta A \cdot \Psi(\alpha) + \Delta B \cdot \Phi(I)\} \cdot \alpha / K, \\ \Delta \dot{B}^T &= -\varepsilon_1 \cdot I / L = -\{\Delta A \cdot \Psi(\alpha) + \Delta B \cdot \Phi(I)\} \cdot I / L, \\ \Delta \dot{C}^T &= -\varepsilon_2 \cdot G_T / M = -\{\Delta C \cdot Q(G_T) + \Delta D \cdot U(\alpha)\} \cdot G_T / M, \\ \Delta \dot{D}^T &= -\varepsilon_2 \cdot \alpha / N = -\{\Delta C \cdot Q(G_T) + \Delta D \cdot U(\alpha)\} \cdot \alpha / N, \\ \dot{V}_1 &= -\{\Delta A \cdot \Psi(\alpha) + \Delta B \cdot \Phi(I)\}^2, \quad \dot{V}_2 = -\{\Delta C \cdot Q(G_T) + \Delta D \cdot U(\alpha)\}^2, \end{aligned}$$

процесс устойчиво сходим.

Уравнения настройки, реализуемые в анализаторах, можно записать в матричной форме

$$\begin{aligned} \dot{A}^M &= \varepsilon_1 \cdot |K \cdot \Psi(\alpha)|^T \text{ либо } A^M = \int \varepsilon_1 \cdot |K \cdot \Psi(\alpha)|^T \cdot dt, \\ \dot{B}^M &= \varepsilon_1 \cdot |L \cdot \Phi(I)|^T \text{ либо } B^M = \int \varepsilon_1 \cdot |L \cdot \Phi(I)|^T \cdot dt, \\ \dot{C}^M &= \varepsilon_2 \cdot |M \cdot Q(G_T)|^T \text{ либо } C^M = \int \varepsilon_2 \cdot |M \cdot Q(G_T)|^T \cdot dt, \\ \dot{D}^M &= \varepsilon_2 \cdot |N \cdot U(\alpha)|^T \text{ либо } D^M = \int \varepsilon_2 \cdot |N \cdot U(\alpha)|^T \cdot dt. \end{aligned}$$

Идентифицированные значения коэффициентов A^M, B^M, C^M, D^M , описывающих реальный дозатор топлива, сравнивают со значениями коэффициентов $A^\ominus, B^\ominus, C^\ominus, D^\ominus$ эталонной модели дозатора. Сигналы разностей идентифицируемых и эталонных коэффициентов

$$\delta A = A^M - A^\ominus, \delta B = B^M - B^\ominus, \delta C = C^M - C^\ominus, \delta D = D^M - D^\ominus$$

используют для отладки дозатора топлива. Величина перемещения исполнительных механизмов определяется чувствительностью дозатора топлива к перемещению РЭ.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ АГРЕГАТОВ САУ

Результаты испытаний на стендах (рис. 1, 2) можно использовать для прогнозирующего контроля. В основу прогнозирования состояния ГМЧ САУ положен тот факт, что основными причинами изменения параметров являются старение и износ. Наблюдение за изменением параметров и его прогнозирование позволяет принимать меры по предупреждению повреждений и отказов ГМЧ САУ во время её эксплуатации.

Для практической реализации прогнозирующего контроля ГМЧ САУ используют коэффициенты адаптивной модели идентифицируемых параметров в пространстве её функционирования либо значения выходных параметров топливного регулятора (дозатора). Тогда решается задачу прогнозирования

случайного процесса $\bar{y}(t) = \{y_i(t)\}_{i=0}^n, t \in T$, где $\bar{y}(t)$ – вектор определяемых параметров, T – период эксплуатации. Суть указанной задачи состоит в предсказании траектории движения $\bar{y}(t)$ на множестве T .

Представим описание ГМЧ САУ в виде:

$$\bar{y}(t) = \mathbf{A} \cdot \bar{\varphi}(t), \quad (3)$$

где $\mathbf{A} = \{a_j\}_{j=0}^m$ – матрица случайных коэффициентов размером $(n+1) \times (m+1)$; $\bar{\varphi}(t) = \{\varphi_j(t)\}_{j=0}^m$ – детерминированный базис дифференцируемых функций времени.

Дополнением к модели (3) обычно являются данные контрольных измерений $\bar{y}(t)$.

Измеренные значения $\bar{z}(t)$ отличаются от истинных $\bar{y}(t)$ на некоторую случайную

величину $\bar{\varepsilon}(t)$ – ошибку измерения, то есть $\bar{z}(t) = \bar{y}(t) + \bar{\varepsilon}(t)$. При этом для ГМЧ САУ сложно определить адекватную модель случайного дрейфа $y(t)$. Поэтому прогнозирование с помощью статистических методов может привести к неоправданно оптимистическим оценкам.

Значительно меньшую опасность представляет получение пессимистических (гарантированных) оценок $y(t)$ [6]. Гарантированный прогноз может быть получен в условиях ограничения исходных данных. При этом решаются задачи:

- прогнозирование без привлечения гипотез о стохастических свойствах процесса;
- полное использование заданной исходной информации;
- обеспечение гарантированной достоверности и точности результатов прогноза.

Гарантированное оценивание заключается в определении пределов изменения $y(t)$

$$\bar{z}(t) - \bar{\Delta}_1 \leq y(t) \leq \bar{z}(t) + \bar{\Delta}_2, \quad (4)$$

где $\bar{\Delta}_1 = \{\Delta_{1t}\}$, $\bar{\Delta}_2 = \{\Delta_{2t}\}$, Δ_{1t} , Δ_{2t} – предельные границы для $\varepsilon(t)$.

Пределы изменения $\bar{y}(t)$ определяют из свойств детерминированного базиса $\{\varphi_j(t)\}_{j=0}^m$ модели (3) с помощью экстремальных полиномов Карлина [7], удовлетворяющих (4). Для экстремальных полиномов $y(t)_-$ и $y(t)_+$ гарантированно выполняется $y(t)_- \leq y(t) \leq y(t)_+$, $t \in T_\varepsilon \subset T$, где T_ε – период испытаний. Область $[y(t)_-, y(t)_+]$ является наименьшей из допустимых, содержащих все возможные реализации $\bar{z}(t)$ вектора определяемых параметров $\bar{y}(t)$.

Поиск $y(t)_-$ и $y(t)_+$ выполняют с помощью линейного программирования [8]

$$1) \sum_{j=0}^m a_j \varphi_j(t_i) = \max, \quad 2) \sum_{j=0}^m a_j \varphi_j(t_i) = \min.$$

Прогноз позволяет учесть ошибки модели $y(t)$ и обеспечить гарантированную достоверность получаемых результатов. Это объясняется тем, что исходная информация не отражает стохастические свойства $y(t)$ и $\varepsilon(t)$. Поэтому можно считать, что $\varepsilon(t)$ включает как погрешности измерительных приборов, так и ошибки модели $y(t)$. В этом случае можно

адаптивно по мере накопления и уточнения результатов прогноза $\bar{y}(t)$ осуществлять коррекцию $y(t)$, обеспечивая минимум влияния ошибок модели на прогноз. При ограниченных значениях $\bar{\varepsilon}(t)$ можно строить экстремальные полиномы модели $y(t)$ только по данным последних наблюдений. Для определения несоответствия модели $y(t)$ реальному процессу $\bar{y}(t)$ в алгоритм прогноза вводят индикатор «опасного» расхождения между результатами прогноза и контроля. Этот индикатор определяет скорость отработки прогнозирующей системой ошибок модели $y(t)$:

$$\beta = \frac{\sum_{l=m+1}^k \alpha_l}{\sum_{l=m+1}^k \alpha'_l}, \quad (5)$$

где $\alpha_l = y(t_l)_+ - z(t_l) - \Delta_2(t_l)$; $\alpha'_l = z(t_l) - \Delta_1(t_l) - y(t_l)_-$; $(m+1)$ – размер детерминированного базиса $y(t)$ в модели (3).

Физический смысл применения индикатора (5) состоит в том, что при совпадении структур $\bar{y}(t)$ и его модели $y(t)$ результат прогноза не будет содержать систематической составляющей, тогда величина β будет колебаться около единицы. Вопрос о том, какие отклонения β от единицы следует считать «опасными», можно решить, исходя из опыта прогнозирования $y(t)$, условий эксплуатации и степени ответственности функций, выполняемая ГМЧ САУ.

Алгоритм адаптивного гарантированного прогноза с индикатором для устранения влияния ошибок модели на результаты предсказания, может быть представлен в следующем виде:

- 1) на интервале $T_\varepsilon \subset T$ производят $(k+1)$ контрольных измерений, $k \geq m$, $(m+1)$ – размер детерминированного базиса модели $y(t)$;
- 2) данные замеров используются для построения $y(t)_+$ и $y(t)_-$;
- 3) на момент t_{k+1} вычисляют значение критерия (5) и производят проверку выполнения

$$|1 - \beta| \leq \gamma, \quad (6)$$

где γ – заданное число;

- 4) при соблюдении условия (6) данные $(m+1)$ замера используют для уточнения прогноза $y(t)$, иначе $y(t)_+$ и $y(t)_-$ строят только по результатам последних $(m+1)$ измерений $y(t)$;
- 5) повторяют процедуру, начиная с пункта 3.

Наделение метода гарантированного прогноза свойством устойчивости к ошибкам модели $y(t)$ имеет первостепенное значение для успешного решения задачи прогнозирования состояния ГМЧ САУ. Его использование позволяет свести к минимуму влияние неопределенности сведений о дрейфе параметров на достоверность и точность предсказания.

Применение метода гарантированного прогноза для вектора параметров $\bar{y}(t)$ не будет иметь качественных отличий от прогноза изменения одного параметра [6] ГМЧ САУ, если область E (E – ортогональный параллелепипед) возможных ошибок контроля $\bar{\varepsilon}(t)$ задают по каждой компоненте вектора $\bar{y}(t)$ независимо от других. Стохастические или функциональные связи между параметрами не будут влиять на результат. Если $E(t) = \{\bar{\varepsilon}(t), \bar{\Delta}_1 \leq \bar{\varepsilon}(t) \leq \bar{\Delta}_2\}$, где $E(t) = \{\bar{\varepsilon}(t) \in E : \bar{\Delta}_{1t} \leq \bar{\varepsilon}(t) \leq \bar{\Delta}_{2t}\}$, $\bar{\Delta}_1 = \inf_{t \in T_c} E(t)$, $\bar{\Delta}_2 = \sup_{t \in T_c} E(t)$, то решение задачи гарантированного прогноза сводится к n одномерным задачам, где n – размерность вектора $\bar{y}(t)$.

Известно, что ошибки контроля $\bar{\varepsilon}_t$ заключены в эллипсоиде (в частном случае – шаре) [9]

$$\bar{\varepsilon}(t)^T \cdot B(t) \cdot \bar{\varepsilon}(t) \leq \delta(t), t \in T_c \subset T,$$

где $B(t)$ – положительно определенная симметричная матрица, задающая параметры эллипсоида ошибок на момент наблюдения $t \in T_c$; $\delta(t)$ – постоянная величина, характеризующая размер эллипсоида на момент $t \in T_c$.

С учетом аддитивности ошибок измерений и зависимости (3) можно записать

$$(\bar{z}(t) - A \cdot \bar{\varphi}(t))^T \cdot B(t) \cdot (\bar{z}(t) - A \cdot \bar{\varphi}(t)) \leq \delta(t) \quad (7)$$

Неравенство (7) описывает область J коэффициентов a_{ij} ; с которыми реализации $\bar{y}(t)$ могут проходить через все моменты времени контроля. Область J является выпуклой (как пересечение эллипсоидов) и ограниченной при $k \geq n \cdot m$. По границам области J могут быть найдены пределы возможных значений коэффициентов a_{ij} ; а значит и $\bar{y}(t)$. Искомые пределы $\bar{y}(t)$, $t \in T > T_u$ могут быть описаны с помощью экстремальных полиномов $y(t)_+$ и $y(t)_-$.

Построение $y(t)_+$ и $y(t)_-$ выполняют путём решения следующих задач:

$$1) \sum_{j=0}^m a_{ij} \varphi_j(t^*) = \max, i = 1, \dots, n,$$

$$2) \sum_{j=0}^m a_{ij} \varphi_j(t^*) = \min, i = 1, \dots, n. \quad (8)$$

Исходя из линейности целевые функции (7) и выпуклости ограничений (8), эти задачи можно рассматривать как задачи выпуклого программирования [8].

Для обеспечения возможности широкого применения на практике процедура гарантированного прогноза должна удовлетворять определённым требованиям.

1. Она должна быть оптимальной в смысле принятого критерия оптимальности прогноза.

2. Результат прогноза должен быть однозначным.

3. Результат прогноза должен совпадать с истинным значением прогнозируемого параметра, то есть должно выполняться условие несмещённости.

4. По мере увеличения объёма используемых данных результат прогноза должен приближаться к истинному значению прогнозируемого параметра, то есть должно выполняться условие сходимости.

ВЫВОДЫ

1. Автоматическая отладка на полунатурном моделирующем стенде позволяет снизить трудоемкость и повысить качество регулировки и испытаний топливных регуляторов ГТД.

2. Использование в составе стенда эталонной модели (эталонного оборудования) позволяет оптимизировать процесс отладки топливных регуляторов (ГМЧ САУ).

3. Для параметрической отладки ГМЧ САУ в соответствии с заданной передаточной функцией, реализованной в эталонной модели ГМЧ САУ (эталонном топливном регуляторе), целесообразно использовать адаптивную модель идентифицируемых параметров.

4. В случае многопараметрического гарантированного прогнозирования в качестве прогнозируемых параметров могут выступать значения измеряемых характеристик ГМЧ САУ.

5. В предположении малости ошибок измерения результат прогноза стремится к истинному значению прогнозируемого параметра, то есть выполняется условие однозначности, несмещённости и сходимости метода прогнозирования.

6. Многопараметрическое гарантированное прогнозирование является эффективным инструментом обработки результатов измерения, полученных в ходе испытаний агрегатов САУ для обеспечения надёжной эксплуатации системы «САУ – ГТД».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.с. 1466456 СССР, МКИ⁴ G 01M 15/00. Устройство для измерения и задания перемещений исполнительных органов топливорегулирующей аппаратуры [Текст] / Е. В. Шендалева (СССР). – № 4209580/25–06 ; заявл. 16.03.87.

2. Шендалева Е.В. Технология регулирования топливной аппаратуры систем автоматического управления газотурбинных двигателей с использованием моделирующих стендов [Текст] / Е. В. Шендалева, В. В. Жильцов, В. Ю. Тэттер // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2005. – № 7. – С. 15 – 21.

3. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А. А. Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.

4. Гроп Д. Методы идентификации систем. Пер. с англ. В.А. Васильева, В.И. Лопатина, под ред. Е.И. Кринецкого. – М.: Мир, 1979. – 294 с.

5. Тэттер В. Ю. Идентификация характеристик преобразователей при регулировке топливных регуляторов САУ ГТД после сборки [Текст] / В. Ю. Тэттер, Е. В. Шендалева // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2004, №4. – С. 7 – 14.

6. Шендалева Е.В. Прогнозирование технического состояния топливорегулирующей аппаратуры газотурбинных двигателей в процессе длительных испытаний [Текст] / Е. В. Шендалева // Вестник СибАДИ. – 2016. № 6 (52). С. 19 – 28.

7. Карлин С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике / С. Карлин ; пер. с англ. Н. А. Бодина, Л. И. Горькова и др. – М. : Мир, 1964. – 840 с.

8. Кузнецов А. В. Высшая математика: Математическое программирование / А. В. Кузнецов, В. А. Сакович, Н. И. Холод; под. Ред. А. В. Кузнецова. – Мн.: Выш. шк., 1994. – 286 с.

9. Богуславский И. А. Методы навигации и управления по неполной статистической информации. – М.: Машиностроение, 1970. – 256 с.

10. Карлин С., Стадден В. Чебышевские системы и их применение в анализе и статистике / С. Карлин, В. Стадден ; пер. с англ. под ред. С.М. Ермакова. – М. : Наука, 1976. – 568 с.

THE REGULATION OF GAS TURBINE ENGINE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM IN TIME OF TRIALS FOR TECHNOLOGIC STATE FORECASTING

E.V. Shendaleva

Abstract. *The article has considered the problem of hydro-mechanical part of gas turbine engine automatic control system optimal adjustment. The optimal adjustment has been performed by applying the half-natural model stand in one-to-one correspondence with trials. The subject matter of this article is the consideration of the model stand construction problem with maximum approaching of real service condition of hydro-mechanical part of gas turbine automatic control system. The hydro-mechanical part optimal adjustment is assumed the using of Lyapunov functions. The method of technical state assured forecasting for combined parameter vector has been also considered. The results of investigation may be used for adjustment and forecasting of different technical system states.*

Keywords: *automatic control system, gas turbine engine, universal control fuel pump, half-natural model test stand, technologic forecasting, mathematical programming.*

REFERENCES

1. Shendaleva E. V. Ustroistvo dlja izmerenija i zadanija peremeschenij ispolnitelnyh organov toplivoregulirujuschej apparatury [Device for measurement and assignment of operating actuator displacements for fuel control apparatuses].

Ampere-second USSR, no. 1466456, 1987.

2. Shendaleva E. V., Zhiltsov V. V., Tetter V. Yu. Tehnologija regulirovanija toplivnoj apparatury sistem avtomaticheskogo upravlenija gazoturbinnnyh dvigatelej s ispol'zovaniem modelirujuschih stendov [Technology of regulation of the fuel equipment of systems of automatic control

of gas-turbine engines with use of the modeling stands]. Assembling in mechanical engineering and instrument making, 2005, no. 7, pp. 15–21.

3. Spravochnik po teorii avtomaticheskogo upravlenija [Reference book on the theory of automatic control]. Under the editorship of A. A. Kravsovsky. Moscow, Science, 1987. 712 p.

4. Graupe D. Identifikatsija system [Methods of identification of system]. The lane from English V. A. Vasilyev, V. I. Lopatin, under the editorship of E. I. Krinetsky. Moscow, World, 1979. 294 p.

5. Tetter V. Yu., Shendaleva E. V. Identifikatsija harakteristik preobrazovatelej pri regulirovke toplivnyh reguljatorov SAU GTD posle sborki [Identification of characteristics of converters at adjustment of the fuel regulators of gas turbine engine automatic control system after gather operation]. Assembling in mechanical engineering and instrument making, 2004, no. 4, pp. 7–14.

6. Shendaleva E. V. Prognozirovanie tehničeskogo sostoianija toplivoregulirujuschej apparatury gazoturbinyh dvigatelej v protsesse dlitel'nyh ispytanij [Forecasting of technical state of the fuel control equipment of gas-turbine engines in the course of long tests]. Vestnik SIBADI, 2016, no. 6 (52), pp. 19–28.

7. Karlin S. Matematicheskie metody v teorii igr, programmirovanii i ekonomike [Mathematical methods and theory in games, programming, and economics]. The lane from English N. A. Bodin, L. I. Gorkov, etc. Moscow, Mir, 1964. 840 p.

8. Kuznetsov A. V., Sakovich V. A., Holod N. I. Vischaja matematika: Matematicheskoe programmirovanie [The higher mathematics: mathematical programming]. Minsk, Vischaja shkola, 1994. 286 p.

9. Boguslavskij I. A. Metody navigatsii i upravlenija po nepolnoj statisticheskoj informatsii [Methods of navigation and management according to incomplete statistical information]. Moscow: Mashinostroenie, 1970. 256 p.

10. Karlin S., Studden W. Chebyshevskie sistemy i ih primenenie v analize i statistike [Tchebycheff systems: with applications in analysis and statistics]. The lane with English under the editorship of S. M. Ermakov. Moscow, Nauka, 1976. 568 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Шендалева Елена Владимировна (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Нефтегазовое дело, стандартизация и метрология» ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет» (644050, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: shendalevaev@yandex.ru)

Elena V. Shendaleva (Omsk, Russian Federation) – Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Professor, Department of Oil&Gas Busyness, Standardization and Metrology, Omsk State Technical University (644050, Mira prospect, 11, Omsk, Russian Federation, e-mail: shendalevaev@yandex.ru)

.....

РАЗДЕЛ III.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 625.089.4

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДОРОЖНОЙ ФРЕЗЫ ПРИ РАЗРУШЕНИИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

С.Д. Игнатов, Н.С. Шерстнев
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Аннотация. В данной статье рассматривается математическая модель рабочего процесса дорожной фрезы, оснащенной системой управления загрузкой двигателя внутреннего сгорания, представлены зависимости крутящего момента на валу двигателя внутреннего сгорания, часового расхода топлива, производительности дорожной фрезы, энергоэффективности от пройденного пути без систем регулирования и с двухконтурной системой регулирования, разработаны блок-схемы рабочего процесса дорожной фрезы, оснащенной системой управления загрузкой двигателя внутреннего сгорания, и алгоритма двухконтурной системы автоматического регулирования загрузки ДВС.

Ключевые слова: дорожная фреза, система регулирования, асфальтобетон, двигатель внутреннего сгорания.

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильная дорога рассчитана на определенный срок службы, в течении которого она подвергается различного рода воздействиям транспорта и погодно-климатических факторов. Самым первым и наиболее незащищенным ее элементом, испытывающим такие воздействия, является асфальтобетонное покрытие. Практикой установлено, что поверхность покрытия, нуждающаяся в локальном текущем ремонте, ежегодно может составлять до 2-3% от общей площади покрытия дороги или ее участка. Когда серьезные повреждения и дефекты достигают 12-15%, общепринято ставить на ремонт 100% этой площади. Особый вид техники, применяемый при проведении ремонтных работ дорожного покрытия является дорожная фреза [1,2,3].

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДОРОЖНОЙ ФРЕЗЫ ПРИ РАЗРУШЕНИИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

При проектировании дорожной фрезы одним из этапов является исследование стати-

ческих и динамических характеристик на основе адекватной математической модели [4.]

В результате исследований рабочего процесса (РП) дорожной фрезы (ДФ) была составлена блок-схема (рисунок 1), которая легла в основу математической модели РП ДФ, реализованной в программном продукте Matlab Simulink (рисунок 2) [5, 6].

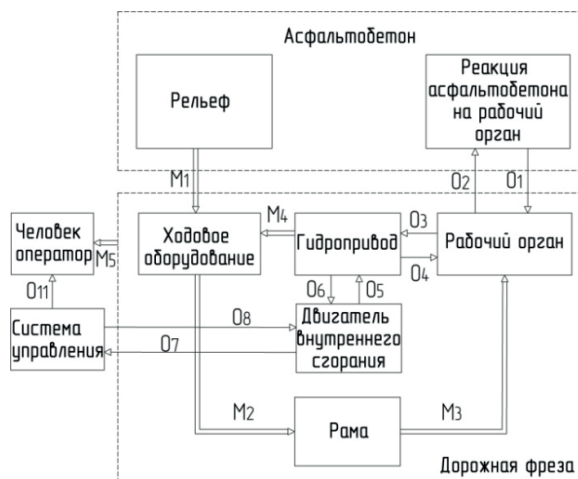


Рис. 1. Блок-схема рабочего процесса дорожной фрезы, оснащенной системой управления загрузкой двигателя внутреннего сгорания

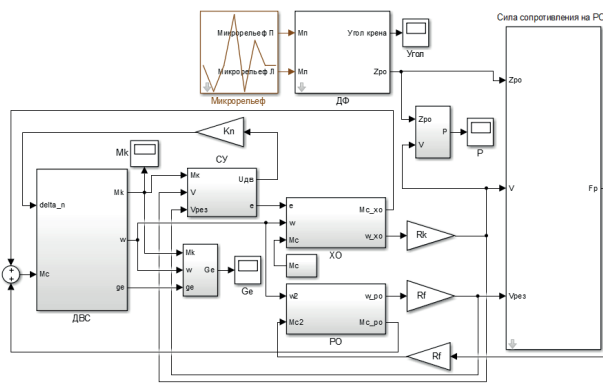


Рисунок 2. Математическая модель рабочего процесса дорожной фрезы, оснащенной системой управления загрузкой двигателя внутреннего сгорания

Рассматривается установившийся рабочий процесс ДФ. Возмущающими воздействиями на модель являются неуправляемые изменения микрорельефа, по которому перемещается машина. Выходными параметрами являются угол поперечного крена ДФ, производительность машины (P), крутящий момент на валу двигателя внутреннего сгорания (Mк) и часовой расход топлива (Ge).

Зная производительность и часовой расход можно рассчитать энергоэффективность машины по формуле [1].

$$E = \frac{P}{Ge} \quad (1)$$

Моделирование РП ДФ, не оснащенной системой регулирования (СР), осуществлялось при заглаблении рабочего органа на 0,2 м в асфальтобетон класса А2.

В результате были получены графики зависимостей параметров РП ДФ, не оснащенной системами управления (рисунок 3-6), которые оценивались при помощи математического ожидания и среднеквадратических отклонений.

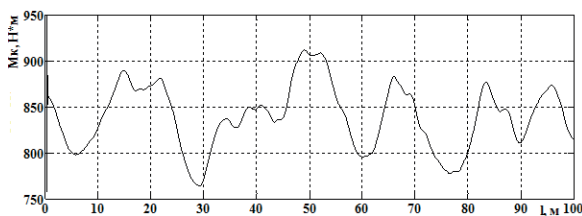


Рисунок 3. Зависимость крутящего момента на валу ДВС от пройденного ДФ пути

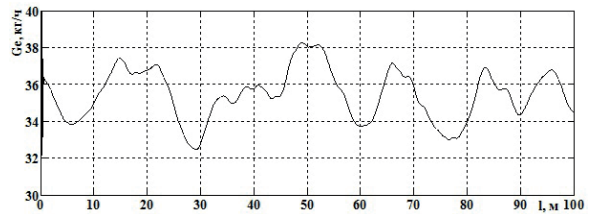


Рисунок 4. Зависимость часового расхода топлива от пройденного ДФ пути

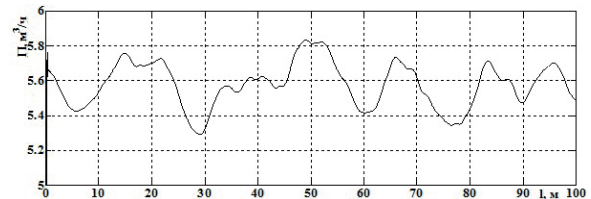


Рисунок 5. Зависимость производительности дорожной фрезы от пройденного ДФ пути

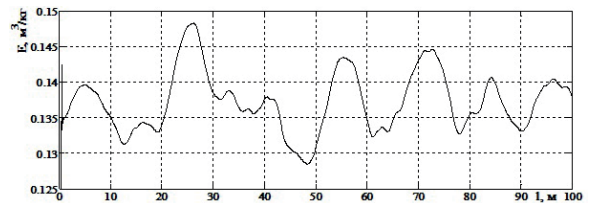


Рисунок 6. Зависимость энергоэффективности дорожной фрезы от пройденного ДФ пути

Так для графика зависимости крутящего момента на валу ДВС от пройденного дорожной фрезой пути математическое ожидание составило $\mu(M_k)=849,9\text{Н}\cdot\text{м}$ при среднеквадратическом отклонении $\sigma_M=28,9\text{Н}\cdot\text{м}$; для графика зависимости часового расхода топлива от пройденного машиной пути - $\mu(G_e)=35,8\text{кг/ч}$ при $\sigma_e=1,1\text{кг/ч}$; для графика зависимости производительности ДФ от пройденного пути - $\mu(P)=5,53\text{м}^3/\text{ч}$ при $\sigma_P=0,103\text{м}^3/\text{ч}$; для графика зависимости энергоэффективности дорожной фрезы от пройденного машиной пути - $\mu(E)=0,137\text{м}^3/\text{кг}$ при $\sigma_E=0,0039\text{м}^3/\text{кг}$.

Для дизельного двигателя, работающего на переменных режимах, величина оптимального крутящего момента на валу ДВС должна составлять 78% от номинального крутящего момента. Для модели ДФ ФДХС-К-1000-01 это значение составляет 975 Н·м. Анализ графиков зависимостей показал, что математическое ожидание крутящего момента на валу ДВС мало (849,9 Н·м), увеличить момент можно за счет использования системы автоматического регулирования загрузки ДВС [7,8].

На рисунке 7 представлена блок-схема алгоритма двухконтурной системы автоматиче-

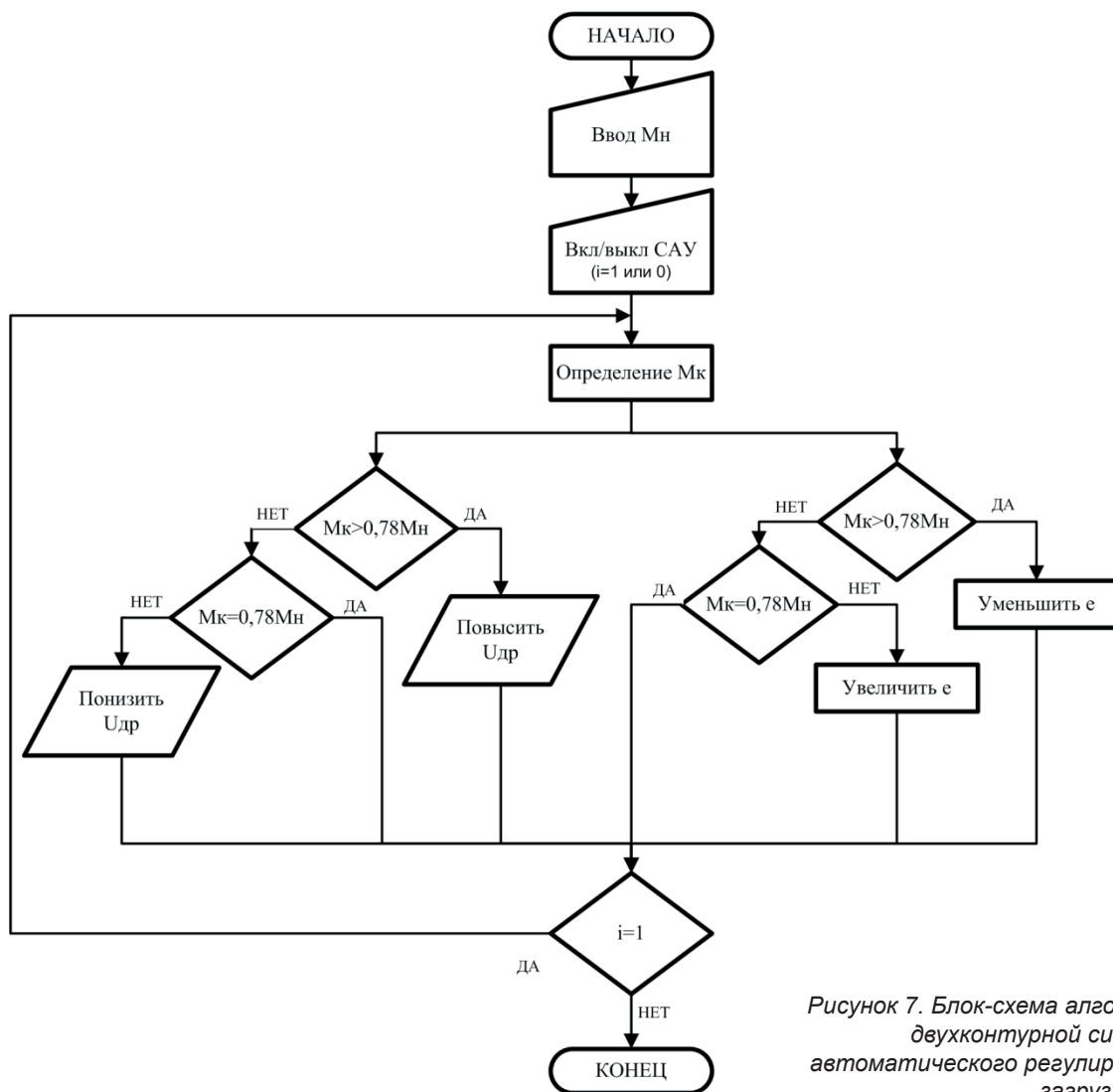


Рисунок 7. Блок-схема алгоритма двухконтурной системы автоматического регулирования загрузки ДВС

ского регулирования загрузки ДВС, состоящей из «грубого» и «точного» контуров.

Принцип действия «грубого» контура.

Перед включением системы необходимо задать номинальное значение крутящего момента ДВС (M_n). Затем оператор может включить систему ($i=1$) или выключить ее ($i=0$). Если система включена, то на каждом цикле при помощи датчика крутящего момента система определяет текущее значение крутящего момента на валу ДВС (M_k). Далее система проверяет условие $M_k > 0,78M_n$. Если оно выполняется, то СУ повышает напряжение управления дроссельной заслонкой ($U_{др}$), если $M_k < 0,78M_n$ - то СУ понижает $U_{др}$.

Принцип действия «точного контура».

Перед включением системы необходимо задать номинальное значение крутящего момента ДВС (M_n). Затем оператор может включить систему ($i=1$) или выключить ее ($i=0$).

Если система включена, то на каждом цикле при помощи датчика крутящего момента система определяет текущее значение крутящего момента на валу ДВС (M_k). Далее система проверяет условие $M_k > 0,78M_n$. Если оно выполняется, то необходимо увеличить коэффициент регулирования насоса (e), что приведет к увеличению скорости перемещения машины и уменьшению крутящего момента. Если это условие не выполняется, то система проверяет условие $M_k > 0,78M_n$. Если условие выполняется, то система бездействует, если нет, то необходимо уменьшить коэффициент регулирования. Цикл будет повторяться до тех пор, пока оператор не выключит систему управления ($i=0$).

В результате анализа модели рабочего процесса ДФ, оснащенной СР загрузки ДВС, были получены графики зависимостей (рисунок 8-11).

Для зависимости крутящего момента на валу ДВС от пройденного дорожной фрезой пути математическое ожидание составило $\mu(M_K)=966,4$ Н·м при среднеквадратическом отклонении $\sigma_M=29,9$ Н·м; для графика зависимости часового расхода топлива от пройденного машиной пути - $\mu(G_e)=40,3$ кг/ч при $\sigma_G=1,13$ кг/ч; для графика зависимости производительности ДФ от пройденного пути - $\mu(P)=6,93$ м³/ч при $\sigma_P=0,23$ м³/ч; для графика зависимости энергоэффективности дорожной фрезы от пройденного машиной пути - $\mu(E)=0,172$ м³/кг при $\sigma_E=0,0033$ м³/кг.

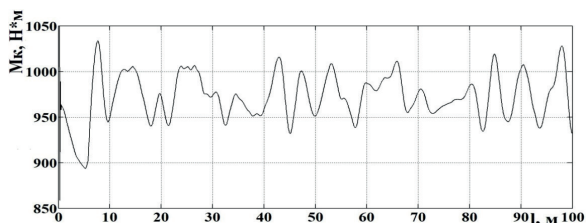


Рисунок 8. Зависимость крутящего момента на валу ДВС от пройденного машиной пути при использовании двухконтурной СР

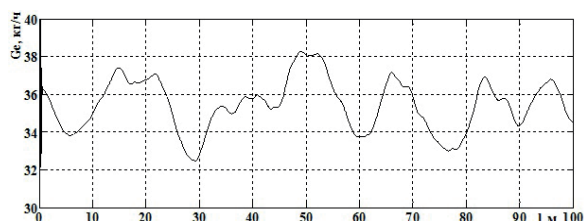


Рисунок 9. Зависимость часового расхода топлива от пройденного машиной пути при использовании двухконтурной СР

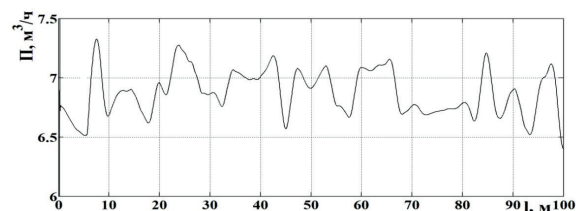


Рисунок 10. Зависимость производительности ДФ от пройденного машиной пути при использовании двухконтурной СР

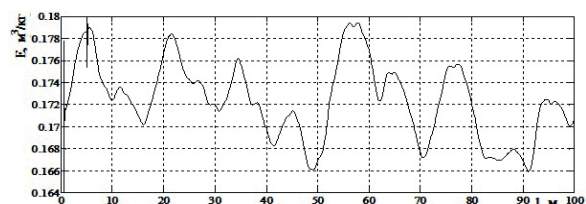


Рисунок 11. Зависимость энергоэффективности ДФ от пройденного машиной пути при использовании двухконтурной СР

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ математических моделей показал, что использование двухконтурной СР загрузки ДВС позволяет получить рациональное значение крутящего момента на валу ДВС, при этом увеличить производительность на 1,4 м³/ч. Часовой расход топлива при этом повышается на 4,5 кг/ч, а энергоэффективность рабочего процесса ДФ снижается. Это говорит о необходимости оптимизации параметров СР, что позволит избежать негативных последствий увеличения крутящего момента на валу ДВС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Краснолудский А.В. Определение рациональных параметров эксцентричной дорожной фрезы: Дис. ... канд. техн. наук.- Саратов, СГТУ, 2004. – 177 с.
2. Шерстнев Н.С. Расчет мощности силовой установки дорожной фрезы/ С.Д. Игнатов, Н.С. Шерстнев // Развитие дорожно-транспортного и строительного комплексов и освоение стратегически важных территорий. С 34 Сибири и Арктики: вклад науки : материалы Международной научно-практической конференции. – Омск :СибАДИ, 2014. –Кн. 2. - 79-81 с.
3. Служба 111 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://slugba111.ru/stati/chto-takoe-dorozhnaya-freza.html> (дата обращения 05.03.2017)
4. Кузнецова В.Н. Анализ теории и практики работы дорожных фрез / В.Н. Кузнецова, Н.А. Кирюшкина // Фундаментальные и прикладные науки – основа современной инновационной системы: Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – Омск: СибАДИ, 2015. – 174-178 с.
5. Кокорин А.В. Математическая модель процесса управления рабочим органом дорожной фрезы // А.В. Кокорин, Р.Ю. Сухарев // Вестник Воронежского государственного технического университета. – Воронеж: «ВГТУ», 2009.– 147-149с.
6. Моделирование землеройно-транспортных машин в среде Matlab-Simulink: методические указания к выполнению лабораторных работ / сост.: В.С. Щербаков, А-й А. Руппель, И. В. Лазута, С. А.. Милюшенко. – Омск: СибАДИ, 2010. – 42 с.
7. Ульянов, Н. А. Теория самоходных колесных землеройно-транспортных машин [Текст] / Н. А. Ульянов. - М. : Машиностроение, 1969. - 520 с.
8. Крути мотор [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://krutimotor.ru> (Дата обращения 05.03.2017)

ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODELS WORKING PROCESS MILLS ROAD WITH DESTRUCTION ASPHALT CONCRETE

S.D. Ignatov, N.S. Sherstnev

Abstract. This article deals with the mathematical model of the working process of a road milling machine equipped with a system for controlling the loading of an internal combustion engine, the relationship between the torque on the shaft of the internal combustion engine, the hourly fuel consumption, the productivity of the road milling cutter, the energy efficiency from the traversed path without control systems and with a two-loop control system.

Keywords: road milling machine, control system, asphalt concrete, the internal combustion engine.

REFERENCES

1. Krasnoludsky A.V. Opredelenie racionalnykh parametrov excentrichnoi dorozhnoi frezi [Determination of rational parameters of eccentric road milling machine]. - Saratov, Saratov State Technical University, 2004, pp. 177.
2. Sherstnev N.S., Ignatov S.D. Calculation of engine power road cutters. Development of road transport and building complexes and development of strategically important areas. With 34 of Siberia and the Arctic: the contribution of science: materials of the International scientific and practical conference. – Omsk, SibADI, 2014, vol. 2, pp. 79-81.
3. Slugda 111 [Electronic resource]. Mode of access: <http://slugba111.ru/stati/chto-takoe-dorozhnaya-freza.html> (reference date 05/03/2017)
4. Kuznetsova V.N., Kiryushkina N.A. Analysis of the theory and practice of road milling machines. Fundamental and applied science – the Foundation of modern innovation system: Materials of international scientific-practical conference of students, postgraduates and young scientists, Omsk, SibADI, 2015, pp. 174-178.
5. Kokorin A.V., Sukharev R.Y. Mathematical model of the control system of working body road mill. Vestnik of Voronezh state technical University, 2009, pp. 147-149.
6. Shcherbakov V.S., Ruppel A.A., Lazuta I.V., Milyushenko S.A. Modelirovanie zemleroi- no-transportnykh mashin v srede Matlab-Simulink

[Modeling of earth-moving machines in the environment Matlab-Simulink]. – Omsk, Siberian automobile and highway Academy, 2010, pp. 42.

7. Ulyanov N.A. Teoriya samohodnykh kolesnykh zemleroi- no-transportnykh mashin [The theory of self-propelled wheeled Earthmovers]. – Moscow, Mechanical engineering, 1969, pp. 520 c.

8. Spin the motor [Electronic resource]. Mode of access: <http://krutimotor.ru> (accessed 05.03.2017)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Игнатов Сергей Дмитриевич (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника» ФГБОУ ВО «СибАДИ».(644080, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: ISDAvvadon@mail.ru).

Sergey Ignatov (Omsk, Russia) – Ph.D., Associate Professor of the Department “Automation of production processes and Electrical Engineering” “SibADI.” (644080, Omsk, Mira, 5 prospect e-mail: ISDAvvadon@mail.ru).

Шерстнев Никита Сергеевич (Омск, Россия) – аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника» ФГБОУ ВО «СибАДИ».(644080, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: kashei_55rus@mail.ru).

Sherstnev Nikita (Omsk, Russia) – postgraduate student of the Department “Automation of production processes and Electrical Engineering” “SibADI.” (644080, Omsk, Mira, 5 prospect e-mail: kashei_55rus@mail.ru).

УДК 625.731:625.85.06

ВЛИЯНИЕ ПОВТОРНОГО УПЛОТНЕНИЯ И ТРАНСПОРТНЫХ НАГРУЗОК НА ХАРАКТЕР ТВЕРДЕНИЯ БЕЛИТОВОГО ШЛАМА В СЛОЯХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

А.А. Лыткин
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Аннотация. В статье дана характеристика белитового шлама – многотоннажного отхода глиноземного производства. Выявлена способность шлама восстанавливать разрушенную структуру после повторного уплотнения. Исследовано влияние многократных подвижных нагрузок на характер твердения шлама и шламощебеночных материалов в круглогодичном цикле при естественном ходе температуры воздуха на кольцевом испытательном стенде. Установлено, что подвижные нагрузки положительно влияют на характер твердения этих материалов. Через 20 месяцев эксплуатации прочность шлама и шламощебеночного материала на секциях, находящихся под движением, на 13,0 % и 33,8 % выше по сравнению с материалами контрольных секций. Следовательно, нет необходимости прекращать движение транспорта сразу после устройства конструктивных слоев дорожных одежд с применением шлама. Кроме того, не следует регламентировать время, через которое допускается устройство покрытия по шламовому основанию.

Ключевые слова: белитовый шлам, шламощебеночный материал, повторное уплотнение, транспортные нагрузки, модуль упругости.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из путей повышения долговечности дорожных конструкций является строительство монолитных оснований дорожных одежд. Общеизвестно, что срок службы нежестких дорожных одежд с монолитными основаниями из материалов, обработанных минеральными вяжущими, в 1,5-2,0 раза больше чем с основаниями из дискретных материалов [1]. Особую актуальность при этом приобретает замена классических вяжущих (цемент, известь) на отходы промышленности, обладающие свойствами бесклнкерных медленнотвердеющих вяжущих. К таким отходам относится белитовый шлам – многотоннажный отход глиноземного производства, который без дополнительного измельчения, за счет высокого содержания белита (C_2S), может быть использован для устройства монолитных слоёв дорожных одежд, как в естественном виде, так и в качестве вяжущего и структурообразующего реагента при укреплении каменных материалов и грунтов. В настоящее время изучены свойства шлама, разработаны рекомендации по использованию этого материала в дорожном строительстве, в том числе при отрицательной температуре воздуха [2-5]. В соответствии с нормативными требованиями, при использовании для строительства монолитных

слоев дорожных одежд медленнотвердеющих вяжущих, открывать движение построенного транспорта допускается в течение первых двух суток после их устройства [6]. Однако вопрос о влиянии транспортных нагрузок на характер твердения материалов дорожных оснований, укрепленных медленнотвердеющими вяжущими, в том числе белитовым шламом, изучен недостаточно. Особую значимость это имеет при строительстве нефтепромысловых дорог в сложных гидрогеологических условиях где, как, правило, нет возможности обеспечить объезд строящегося участка основания или покрытия.

Следовательно, изучение влияния многократных транспортных нагрузок на характер твердения шлама и шламоминеральных материалов является актуальной научной и практической задачей.

СВОЙСТВА БЕЛИТОВОГО ШЛАМА

Белитовый шлам образуется при производстве глинозема (оксида алюминия) из нефелиновых и бокситовых руд способом спекания. Из спека путем гидротермального выщелачивания выделяют глинозем, а пескообразный полупродукт – шлам по трубопроводу подается в отвал. В результате технологического процесса производства глинозема происхо-

Таблица 1
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕЛИТОВЫХ ШЛАМОВ
ТЕКУЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Наименование свойств	Показатели	
	Нефелиновый шлам	Бокситовый шлам
Модуль крупности	1,2-1,7	1,1-2,2
Истинная плотность, г/см ³	2,91 -3,04	3,00 – 3,16
Насыпная плотность во влажном состоянии, кг/м ³	900-1100	1000-1300
Удельная поверхность, см ² /г	300 – 750	
Микропористость зёрен, %	35 – 60, при размере пор от 10 до 1000 мкм.	
Коэффициент теплопроводности при стандартной плотности, Вт / (м×К)	0,57-0,66	0,60-0,70
Оптимальная влажность, %	23-26	22-25
Средняя плотность в уплотненном состоянии при оптимальной влажности под нагрузкой 15 МПа, т/м ³	1,80-1,85	1,85-1,90
Предел прочности на сжатие, МПа: - сразу после уплотнения под нагрузкой 15 МПа; - через 90 суток; - через 1 год.	1,0-1,2 4,0-6,0 9,0-10,0	0,7-1,0 3,0-5,0 7,0-8,0
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа: - через 90 суток; - через 1 год.	1,6-2,4 2,6-3,0	1,2-2,0 2,1-2,6

дит частичная гидратация шламовых зерен с образованием на их поверхности оболочек гидратов, находящихся преимущественно в гелевидном состоянии. По данным Н.С. Шморгуненко [7] шлам текущего производства, находящийся в отвале, гидратирован на 7 – 10 %.

В зависимости от перерабатываемой руды белитовый шлам подразделяют на нефелиновый и бокситовый.

По фазовому составу нефелиновый шлам представляет в основном смесь силикатов, гидросиликатов (20-30%) и гидроалюминатов кальция (3 – 5%), гидроферритов, карбонатов. Содержание C_2S в нефелиновом шламе составляет 70 – 85%.

Бокситовый шлам состоит из C_2S (40 – 55%), кальцита, магнетита, гематита, гидрограната, гиббсита, перовскита, кварцита.

Следовательно, шламы являются полимерными материалами, в которых четко фиксируется преобладающее наличие белита β -полиморфной формы, сцементированного массой гидратов. Бокситовый шлам отличается от нефелинового меньшим содержанием белита, оксидов кальция и кремния и повышенным содержанием оксидов железа [8].

Физико-механические свойства белитовых шламов текущего производства представлены в табл. 1

Приведенные данные свидетельствуют о том, что нефелиновые и бокситовые шламы обладают аналогичными физико-механическими свойствами, что предопределяет одинаковую область их применения. Натуральный белитовый шлам текущего производства (без дополнительного измельчения), уплотненный при оптимальной влажности (22-26 %), по показателям прочности, при нормативном сроке твердения 90 суток соответствует маркам от 20 до 100 по ГОСТ 23558 [4, 9]. При этом сохраняется тенденция к дальнейшему набору прочности за счет большого резерва негидратированного вяжущего [7, 10].

Следует отметить относительно высокие показатели прочности шламов сразу после уплотнения слоя (0,7 – 1,2 МПа), что мы объясняем, прежде всего, наличием на поверхности шламовых зерен гелевидных оболочек гидратов. Это свойство шламов послужило основанием для открытия движения построеного транспорта по уложенному слою сразу после окончания его уплотнения при опытно-строительстве.

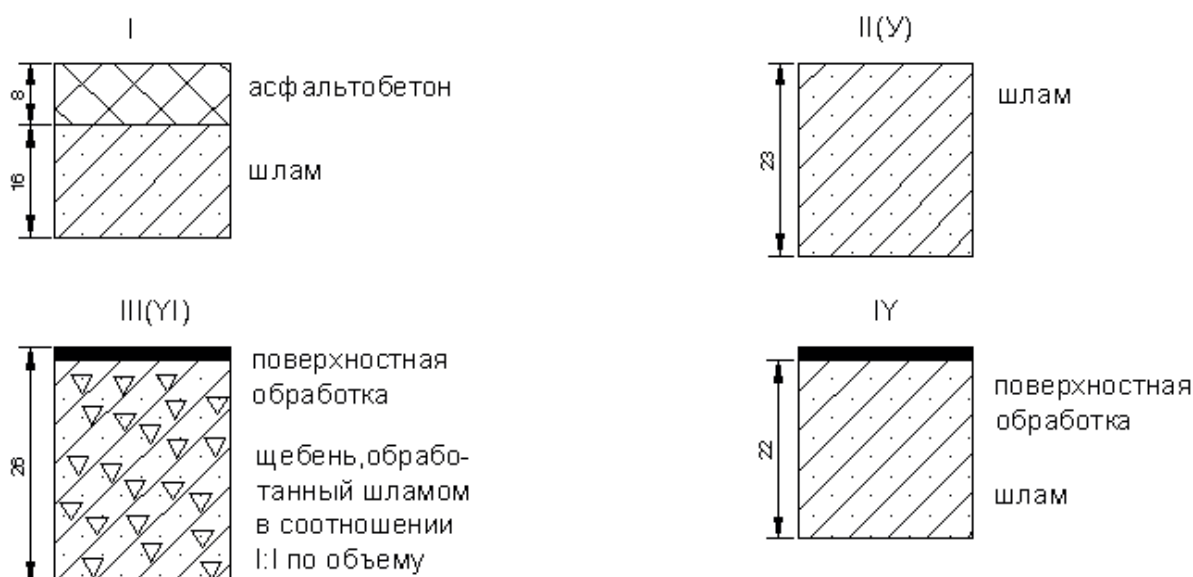


Рис. 1. Конструкции дорожной одежды на кольцевом испытательном стенде:
I – VI – номера секций

Подтверждение обоснованности этого решения получено позднее, при экспериментальном изучении влияние многократных транспортных нагрузок на характер твердения белитового шлама и шламоминеральных материалов, выполненных в лаборатории и на кольцевом испытательном стенде.

ВЛИЯНИЕ ПОВТОРНОГО УПЛОТНЕНИЯ И ТРАНСПОРТНЫХ НАГРУЗОК НА ХАРАКТЕР ТВЕРДЕНИЯ БЕЛИТОВОГО ШЛАМА И ШЛАМОМИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В лабораторных условиях изучали способность вышеуказанных материалов к восстановлению разрушенной структуры после их повторного уплотнения. Эксперимент проводили на образцах-цилиндрах, изготовленных прессованием под давлением 15 МПа из нефелинового шлама и шламощебеночной смеси с дозировкой диабазового щебня (фракций 10 – 20 мм) – 55 % по массе. Влажность шлама принимали 25 %, что соответствовало её оптимальному значению. С целью моделирования процесса твердения материала в слое, устроенном в зимний период, образцы сразу после изготовления (в январе) покрыли полиэтиленовой пленкой и вынесли на мороз для хранения в естественных условиях. В конце апреля, после полного оттаивания образцов, часть из них разрушили, измельчили до крупности агрегатов не более 5 мм и из этого мате-

риала были повторно изготовлены образцы с уплотнением под давлением 15 МПа.

Образцы из шламощебеночной смеси не переформовывали, а помещали в разъемные формы и повторно уплотняли под нагрузкой 15 МПа.

Образцы, не подвергнутые переформовке или повторному уплотнению, являлись контрольными. Часть образцов сразу после переформовки или повторного уплотнения испытывали на сжатие, а остальные продолжали хранить и испытывали по три образца через каждый месяц твердения. Перед испытанием образцы термостатировали при температуре 20° С.

Кроме лабораторных испытаний проводили исследования на кольцевом испытательном стенде в условиях максимально приближенных к натурным. На кольцевой дорожке стенда построили четыре конструкции дорожной одежды с применением бокситового шлама. Шлам использовался в качестве материала основания под асфальтобетонное покрытие, переходного покрытия с поверхностной обработкой и без неё, а так же для укрепления диабазового щебня при устройстве переходного покрытия. Конструкции дорожных одежд приведены на рисунке 1.

Секции I – IV располагались на кольцевой дорожке стенда и предназначались для изучения их работы под движением. Секции V и VI, построенные за пределами кольцевой дорожки, не подвергались воздействию подвижных нагрузок и являлись контрольными.

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Конструкции секций I – IV нагружали двумя электромобилями с расчетно-весовыми характеристиками, адекватными автомобилю МАЗ – 500. Система дистанционного управления позволяла регулировать движение электромобилей по ширине полосы наката.

Эксперимент продолжался в течение 20 месяцев. Конструкции построили при положительной температуре в ноябре. Определили начальный общий модуль упругости (E_y) каждой конструкции методом статического нагружения штампом. Затем дорожные одежды испытывали при интенсивности движения электромобилей, соответствующей расчетной для дорог III категории. Через год эксплуатации транспортные нагрузки сняли, но конструкции не демонтировали, а продолжали наблюдать за изменением их прочностных показателей. Через 20 месяцев, из шламовых и шламощебеночных слоев были отобраны керны, которые испытывали для определения предела прочности при сжатии этих материалов ($R_{сж}$).

Результаты лабораторного эксперимента по изучению способности материалов к восстановлению разрушенной структуры после повторного уплотнения приведены на рис. 2 и 3.

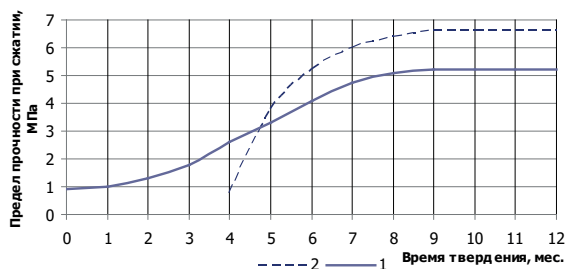


Рис. 2. Кинетика твердения переконструированных и контрольных образцов нефелинового шлама: 1 – контрольные образцы; 2 – образцы, переконструированные после четырех месяцев твердения

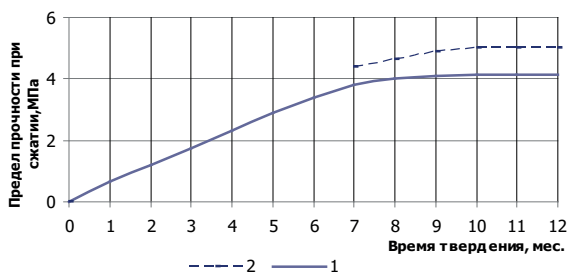


Рис. 3. Кинетика твердения повторно уплотненных и контрольных образцов из шламощебеночной смеси: 1 – контрольные образцы; 2 – образцы, повторно уплотненные после семи месяцев твердения

Приведенные данные свидетельствуют о том что, переформовка и повторное уплотнение образцов оказали положительное влияние на процессы структурообразования шлама и шламощебеночного материала. Образцы из шлама после переформовки твердеют интенсивнее и их прочность через шесть месяцев при положительной температуре в 1,2 раза выше прочности контрольных (6,4 МПа против 5,3 МПа). Образцы из шламощебеночной смеси, подвергнутые повторному уплотнению через семь месяцев твердения, показали прочность при сжатии 4,5 МПа, тогда как контрольные в этом же возрасте имели прочность 3,8 МПа. Через пять месяцев твердения при отрицательной температуре прочность повторно уплотненных образцов была выше прочности контрольных в 1,2 – 1,25 раза (см. рис.3).

Результаты испытаний дорожных конструкций на кольцевом испытательном стенде приведены в таблице 2.

Таблица 2.
ЗНАЧЕНИЯ ОБЩЕГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ПРОЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ КЕРНОВ, ОТОБРАННЫХ ИЗ ШЛАМОВЫХ И ШЛАМОЩЕБЕНОЧНЫХ СЛОЕВ

Номер секции	Общий модуль упругости (МПа) слоя после твердения, в возрасте (месяцы)			Предел прочности при сжатии кернов из шлама и шламощебеночного материала МПа, в возрасте 20 мес.
	0	12	20	
I	146	153	223	12,4
II	127	207	260	9,5
III	115	200	220	12,1
IV	106	245	270	14,8
V	127	184	198	7,1
VI	115	122	132	10,7

Примечание: значения модулей упругости и $R_{сж}$ кернов являются средними из испытаний шести образцов при коэффициенте вариации 11,3 – 17,1 %.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что прочность конструкций на всех секциях с течением времени возрастает, несмотря

на воздействие подвижной нагрузки и погодноклиматических факторов. Так, если общие модули по секциям в первый год испытаний составляли 106-146 МПа, то через 20 месяцев они увеличились в 1,5-2,5 раза. Сопоставление E_y и $R_{сж}$ материалов аналогичных конструкций (секции II и V, III и VI) показывает, что более интенсивный рост их значений наблюдается у дорожных конструкций, находящихся под движением. Увеличение E_y через год испытаний на секциях II и III происходило в 1,25 и 1,64 раза интенсивнее, чем на контрольных – V и VI. Прочность кернов из секций, находящихся под движением, также выше на 33,8 % и 13,1 % соответственно.

Материалы более интенсивно твердели под слоем покрытия из асфальтобетона (секция I) и под поверхностной обработкой (секции III и IV), чем на секциях II и V, где слой из шлама не был защищен. Прочность при сжатии этих кернов (при прочих равных условиях) оказалась в 1,3-1,5 раза ниже. Это объясняется, прежде всего, более благоприятными тепло-влажностными условиями твердения материалов под защитным слоем.

Интенсификация набора прочности перестроенных, и повторно уплотненных образцов, а также материалов в конструкциях дорожных одежд, находящихся под движением, объясняется тем, что в шламе к моменту повторного уплотнения сохраняется значительный резерв негидратированного вяжущего и шламовые зерна покрыты оболочками гидратов, находящихся преимущественно в гелевидном состоянии [7, 10]. Это, по аналогии с микробетоном Юнга [11], способствует залечиванию в материале разрушенных связей. Кроме того, шлам является грубодисперсным материалом, состоящим из относительно слабых зерен. При разрушении последних в процессе перестройки, повторного уплотнения или воздействия подвижных нагрузок обновляются новые активные поверхности, формируется более плотная структура материала, и интенсифицируются процессы его твердения. В частности, нами установлен факт увеличения плотности материалов под действием подвижных нагрузок на 5-12 %.

Результаты наших исследований согласуются с работами С.А. Миронова, который констатировал положительное влияние повторного вибрирования на цементобетон, замороженный до начала схватывания цемента [12]. Аналогичный эффект наблюдается и у гранулированного доменного шлака [13].

ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Опытнo-экспериментальные работы выполняли с целью производственной проверки теоретических предпосылок и экспериментальных исследований. Строительство опытных участков оснований и покрытий переходного типа из шлама и шламощебеночных материалов выполняли во II – IV дорожно-климатических зонах, на дорогах I – IV категорий, в том числе, при отрицательных температурах воздуха (до минус 26°C).

Сразу после устройства конструктивных слоев по участкам дорог открывалось движение транспорта. Таким образом, основания в течение 6-8 месяцев эксплуатировались в качестве переходных типов покрытий. В летнее время за ними осуществлялся уход в виде периодической поливки водой. Например, на дороге II категории Омск-Новосибирск нефелиновый шлам использовался для устройства основания под бетонное покрытие толщиной 25 см. Строительство осуществлялось при отрицательных температурах воздуха. Сразу после завершения уплотнения слоя основания по нему открывали движение построеного транспорта без ограничения его скорости, так как материал в слое через 1-2 часа промерзал на всю толщину. В период весеннего оттаивания шламового основания ограничивали скорость движения построеного транспорта до 30 км/ч, с регулировкой его по всей ширине слоя. Перед устройством бетонного покрытия уточнялись проектные отметки, при необходимости основание дополнительно профилировалось с доуплотнением пневмокатком за 2-3 прохода по одному следу. Всего с января по март было построено 5,7 км основания из шлама, что позволило существенно продлить строительный сезон и сохранить земляное полотно в период распутицы без значительных дополнительных затрат на повторное уплотнение.

В процессе опытного строительства и производственного внедрения выявлена высокая эффективность технологии устройства конструктивных слоев методом пропитки (вдавливания) с помощью кулачкового катка ДУ-26 [14, 15]. Его применение позволило добиться качественного перемешивания щебня толщиной 18 см со шламом на всю толщину за 12-14 проходов катка по одному следу. При этом коэффициент уплотнения слоя достигал 1,0-1,04. Производственный опыт показал, что по такому слою можно сразу открывать движение

построечного транспорта без ограничения его скорости. Этот эффект широко использовался позднее, при строительстве покрытий переходного типа на нефтепромысловых дорогах [3]. Установлено, что предел прочности при сжатии материалов, отобранных с опытных участков составлял от 7,5 МПа до 14,5 МПа. С годами отмечается тенденция к постоянному медленному набору прочности [16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что затвердевший шлам и шламощебеночный материал обладает способностью к восстановлению разрушенной структуры после повторного уплотнения за счет большого резерва негидратированного вяжущего.

2. Переформовка и повторное уплотнение способствует интенсификации процессов структурообразования этих материалов и увеличению их прочности в 1,2 – 1,25 раза по сравнению с контрольными образцами.

3. Многократные транспортные нагрузки также оказывают положительное влияние на набор прочности слоёв из шлама. Об этом свидетельствуют данные об увеличении в 1,13 и 1,64 раза общего модуля упругости дорожных конструкций на секциях кольцевого испытательного стенда, находящихся под движением по сравнению с контрольными и результаты опытного строительства.

4. Установлено, что при устройстве дорожных одежд с использованием белитового шлама нет необходимости в прекращении движения транспортных средств по свежеложенным слоям, что упрощает технологический процесс и способствует повышению темпов строительства.

5. При необходимости, шламовые материалы конструктивных слоёв можно рыхлить и повторно уплотнять, без ущерба конечной прочности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безрук, В. М. Укрепление грунтов в дорожном и аэродромном строительстве / В. М. Безрук. – М. : Транспорт, 1971. – 247 с.

2. Белоусов, Б. В. Применение белитовых шламов для устройства дорожных оснований в условиях Сибири / Б. В. Белоусов, В. М. Бескровный, А. А. Лыткин // Производство и применение каменных материалов из горных пород и отходов промышленности в дорожном строительстве / Тр. Союздорнии. - М., 1984. - С. 43-48.

3. Методические рекомендации по устройству дорожных оснований и переходных покрытий с применением белитового шлама в нефтегазоносных районах Западной Сибири / Минтрансстрой СССР. - М. : Союздорнии, 1986. - 28 с.

4. ОДМ 218.3.043 – 2015. Методические рекомендации по применению в слоях дорожных одежд натуральных белитовых шламов / РОСАВТОДОР. - М. : РОСАВТОДОР. - 66 с.

5. Методические рекомендации по уплотнению грунтов и других материалов медленнотвердеющими вяжущими при пониженных положительных и отрицательных температурах / Минтрансстрой СССР. -М. : Союздорнии, 1985.- 33 с.

6. СП 78. 13330. 2012. Автомобильные дороги : актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85. – М., 2013.- 73. с.

7. Шморгуниенко, Н. С.. Комплексная переработка и использование отвальных шламов глиноземного производства / Н. С. Шморгуниенко, В. И. Корнеев. – М. : Металлургия, 1982. – 128 с.

8. Логинова, И. В. Аппаратно – технологические схемы в производстве глинозема / И. В. Логинова, А. В. Кырчиков. - Екатеринбург : Урфу, 2011. – 233 с.

9. Проектирование нежестких дорожных одежд : ОДН 218. 046 – 01. – М. : Государственная служба дорожного хозяйства Министерства транспорта РФ, 2001. – 145 с.

10. Лыткин, А. А. Применение белитового шлама для устройства слоев дорожных одежд при отрицательных температурах : автореферат дис. ... канд. техн. наук : 05. 23. 11 / А. А. Лыткин. – М. ,1990. – 18 с.

11. Шестоперов, С. В. Контроль качества бетона : учеб. пособие для вузов / С. В. Шестоперов. – М. : Высшая школа, 1981. – 247 с.

12. Миронов, С. А. О нарастании прочности бетона на морозе и при последующем твердении его в условиях положительных температур / С. А. Миронов, Б. А. Крылов // Бетон и железобетон. – 1963. - №11. – С. 12-15.

13. Пополов А. С. Опыт применения гранулированных шлаков в дорожном строительстве Франции // Автомобильные дороги : экспресс - информация : зарубежный опыт / ЦНТИ Минавтодора РСФСР. – Вып. 10. – М., 1984. – С. 1 - 13.

14. А. с. 960348 СССР. МКИ Е 01 С 3/00. Способ возведения дорожного и аэродромного основания / Бескровный В.М. и др. (СССР). - № 2926211 / 29 – 33 ; заявл. 13. 05. 80 ; опубл. 23. 09. 82, Бюл. № 35.

15. Бескровный, В. М. Обработка щебеночных оснований вяжущими с помощью кулачкового катка / В. М. Бескровный, Б. В. Белоусов, А. А. Лыткин // Производство и применение каменных материалов из горных пород и отходов промышленности в дорожном строительстве /

Тр. Союздорнии. - М., 1984. - С. 93 -102.

16. Белоусов, Б. В. Предложения по конструированию дорожных одежд с повышенным сроком службы / Б. В. Белоусов, А. Н. Гаврилов, А. С. Афонин // Мир дорог. - 2016. - № 89. - С. 50-51.

INFLUENCE OF REPEATED COMPACTION AND TRANSPORT LOADS ON THE CHARACTER OF HARDENING OF BELITIC SLUDGE IN LAYERS OF ROAD CLOTHES

A.A. Lytkin

Abstract. The article describes the characteristic of belitic sludge - a large-tonnage waste of alumina production. The ability of the sludge to recover the destroyed structure after the re-compaction. The effect of multiple mobile loads on the nature of sludge hardening and sludge-crushed stone materials in a year-round cycle with a natural course of air temperature on the ring test bench. It is established that mobile loads have a positive effect on the hardening of these materials. After 20 months of operation, the strength of the sludge and sludge-crushed stone materials in the sections which is under the movement is 13.0% and 33.8% higher compared to the materials of the control sections. Therefore, there is no need to stop the traffic immediately after constructing the layers of pavements using slurry. Moreover, it should not regulate the time after which the slurry is allowed by the device base coating.

Keywords: belite sludge, sludge-crushed stone materials, re-seal, transport loads, elastic modulus.

REFERENCES

1. Bezruk V. M. Ukreplenie gruntov v dorozhnom i aerodromnom stroitel'stve [Strengthening of soils in road and airfield construction] Moscow, Transport, 1971, 247 p.

2. Belousov B. V., Beskrovnyj V. M., Lytkin A. A. Primenenie belitovyh shlamov dlja ustrojstva dorozhnyh osnovanij v uslovijah Sibiri [Application belitic slurries for road foundation in Siberia conditions]. *Proizvodstvo i primeneniye kamennykh materialov iz gornykh porod i othodov promyshlennosti v dorozhnom stroitel'stve* / Tr. Sojuzdornii. - M., 1984. - pp. 43-48.

3. Metodicheskie rekomendacii po ustrojstvu dorozhnyh osnovanij i perehodnyh pokrytij s primeneniem belitovogo shlama v neftegazonosnyh rajonah Zapadnoj Sibiri [Methodical recommendations on the design of road bases and transitional coverings with the use of belitic sludge in the oil and gas bearing areas of Western Siberia] / *Mintransstroj SSSR*. - M. : Sojuzdornii, 1986. - 28 p.

4. ODM 218.3.043 – 2015. Metodicheskie rekomendacii po primeneniju v slozhah dorozhnyh odezhd natu-ral'nyh belitovyh shlamov [Methodical recommendations on the design of road bases and transitional coverings with the use of belitic sludge in the oil and gas bearing areas of Western Siberia] / ROSAVTODOR. - M. : ROSAVTODOR. - 66 p.

5. Metodicheskie rekomendacii po ukrepleniju gruntov i drugih materialov medlennotverdejushhimi vjazhushhimi pri ponizhennyh polozhitel'nyh i otricatel'nyh temperaturah [Methodical recommendations for strengthening soils and other materials with slow-hardening binders at lower positive and negative temperatures] / *Mintransstroj SSSR*. - M. : Sojuzdornii, 1985.- 33 p.

6. SP 78.13330.2012. Avtomobil'nye dorogi : aktualizirovannaja redakcija SNiP 3.06.03-85. [Automobile roads: updated version of SNiP 3.06.03-85] – M., 2013.- 73. s.

7. Shmorgunenko N. S., Korneev V. I. Kompleksnaja pererabotka i ispol'zovanie otval'nyh shlamov glinozemnogo proizvodstva [Complex processing and use dump slurry of alumina production]. – M. : Metallurgija, 1982. – 128 p.

8. Loginova I. V., Kyrchikov A. V. Apparatno – tehnologicheskie shemy v proizvodstve glinozema [Hardware-technological schemes in the production of alumina] . - Ekaterinburg : Urfu, 2011. – 233 p.

9. Proektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd : ODN 218. 046 – 01. [Design of non-rigid pavements: ODN 218. 046 - 01] .– M. : Gosudarstvennaja sluzhba do-rozhnogo hozjajstva Ministerstva transporta RF, 2001. – 145 p.

10. Lytkin A. A. Primeneniye belitovogo shlama dlja ustrojstva sloev dorozhnyh odezhd pri otri-

catel'nyh temperaturah [The use of belitic sludge for the construction of layers of road clothes at low temperatures] : avtoreferat dis. ... kand. tehn. nauk : 05. 23. 11. – M., 1990. – 18 p.

11. Shestoperov S. V. Kontrol' kachestva betona [Quality control of concrete] : ucheb. posobie dlja vuzov / S. V. Shestoperov. – M. : Vysshaja shkola, 1981. – 247 p.

12. Mironov S. A., Krylov B. A. About the increase in the strength of concrete in the frost and subsequent consolidation of it in conditions of positive temperatures. – Beton i zhelezobeton. – 1963. №11. – pp. 12-15.

13. Popolov A. S. Experience in the use of granulated slag in road construction in France. – Avtomobil'nye dorogi : jekspress - informacija : zarubezhnyj opyt / CNTI Minavtodora RSFSR. – Vyp. 10. – M., 1984. – pp. 1-13.

14. A. s. 960348 SSSR. MKI E 01 S 3/00. Sposob vozvedeniya dorozhnogo i ajerodromnogo osnovaniya [Method of erection of road and airfield base] / Bes-krovnyj V.M. i dr. (SSSR). – № 2926211 / 29 – 33 ; zajavl. 13. 05. 80 ; opubl. 23. 09. 82, Bjul. № 35.

15. Beskrovnyj V. M., Belousov B. V., Lytkin A. A. Obrabotka shhebenochnyh osnovanij

vjazhushhimi s pomoshh'ju kulachkovogo katka [Processing astringent macadam base via a cam roller] . - Proizvodstvo i primenenie kamennyh materialov iz gornyh porod i othodov promyshlennosti v dorozhnom stroitel'stve / Tr. Sojuzdornii. - M., 1984. – pp. 93 -102.

16. Belousov B. V., Gavrilov A. N., Afonin A. S. Proposals for the design of road clothes with a long service life. – Mir dorog. – 2016. - № 89. – pp. 50-51.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Лыткин Александр Александрович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» ФГБОУ ВО СибАДИ (644080, г. Омск, ул. Мира, 5, e-mail: kaf_sed@sibadi.org).

Lytkin Alexander Alexandrovich (Russia, Omsk) – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Associate professor of the department “Construction and operation of roads” of FGBOU VO «Siberian State Automobile and Highway University» (644080, Omsk, Mira ave., 5, e-mail: kaf_sed@sibadi.org).

УДК 728.1.012.26

ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА

*М.В. Максимова, С.О. Мельникова
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия*

Аннотация. В данной статье приведена характеристика климатических особенностей жаркого климата. Рассмотрены объемно-планировочные решения малоэтажных жилых зданий для районов с жарким влажным и жарким сухим климатом. Также описаны способы борьбы с высокой температурой внутреннего воздуха в помещениях и рассмотрены различные варианты солнцезащитных устройств. Даны рекомендации по улучшению микроклимата жилых помещений с учетом района строительства. Рассмотрено обеспечение функционально-эстетических и санитарно-гигиенических требований к объемно-планировочным решениям жилых зданий в жарком климате.

Ключевые слова: жаркий влажный климат, жаркий сухой климат, малоэтажное строительство, объемно-планировочные решения зданий, солнцезащита, климатические условия, теплозащита.

ВВЕДЕНИЕ

Климатические особенности местности – важнейшие факторы, определяющие региональное своеобразие архитектуры. Их учет

в архитектурном проектировании позволяет улучшить микроклимат помещений и открытых пространств, сократить капитальные затраты и эксплуатационные расходы.

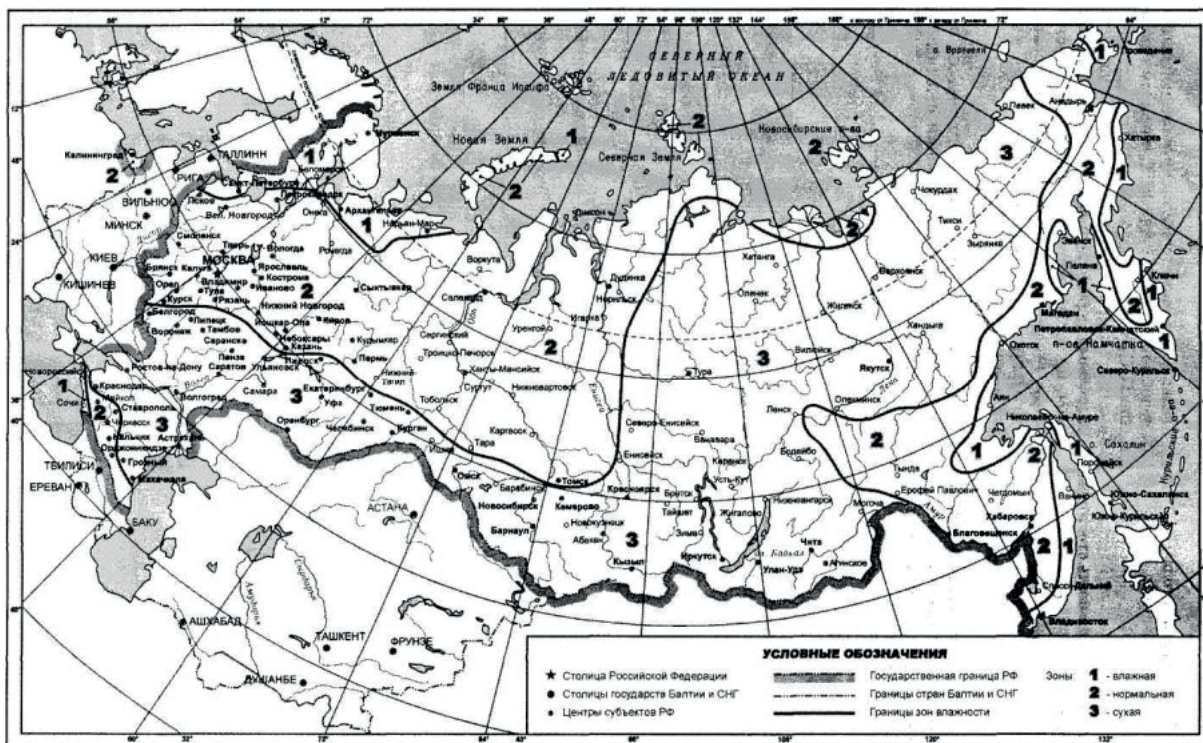


Рис.1. Карта зон влажности

Зональные климатические требования влияют на форму плана, степень его компактности, приемы блокировки объемов по вертикали и горизонтали, использование пристроенных элементов жилища и летних помещений, тип крыши, ориентацию жилых помещений и входов, необходимость солнцезащиты, применение тех или иных конструктивных решений и строительных материалов.

В данной работе рассмотрим особенности проектирования малоэтажных жилых зданий в жарком климате. Во множестве факторов и их сочетаний, определяющих климат, можно выделить два типа жаркого климата, существенно отличающихся по влажностному режиму. При одинаково высоких температурах в одних районах ощущается избыток влаги – относительная влажность воздуха велика, часто выпадают дожди, в других районах влаги не хватает, относительная влажность воздуха низка, осадков – малое количество. По этим признакам жаркий климат разделяют на жаркий влажный и жаркий сухой. Карта зон влажности в соответствии с [1] показана на рисунке 1.

В районах с жарким влажным климатом максимальные дневные температуры достигают 29...32°C. Суточные колебания не превышают 4...7°C, сезонные – 24...29°C. Относительная влажность в жарких влажных районах может колебаться в пределах 55...100%. Как правило, годовое количество осадков превы-

шает 500 мм, достигая в отдельных районах более 600мм. Слабые скорости ветров увеличиваются лишь в периоды начала и конца сезона дождей.

К районам жаркого сухого климата относят территории со среднегодовыми температурами, равными или выше 20°C. В летний период температура днём находится в интервале от 27 до 45°C, ночью от 15 до 24°C. Суточная амплитуда температур может достигать 40°C. Относительная влажность воздуха в летний период не превышает 20%, а зимой – немного выше 40%. Годовые осадки обычно менее 250 мм. Ветры порывисты и часты, в дневное время более сильные, чем ночью. Высокий уровень солнечной радиации и инсоляции, высокие температуры воздуха, дискомфортные влажностные и ветровые условия, отрицательно влияют на самочувствие человека и требуют специальных мер защиты.

При выборе участка для строительства в жарком влажном климате, следует использовать естественные возможности увеличения подвижности воздуха, например, на наветренных склонах или на возвышенностях, хорошо продуваемых ветрами [2]. Во влажном жарком климате ориентация по ветру является предпочтительной по отношению к ориентации по солнцу. Отклонение здания от оптимальной ориентации по ветру не должно превышать 30°. Здания следует размещать торцами к

господствующему направлению ветра. Желательно, чтобы в этих торцах не было оконных и дверных проемов. Стены, выходящие в сторону действия ветра и дождя, следует специально усиливать гидроизоляционным слоем, или устраивать водоотбойные экраны. [6]

Участок для строительства в сухом климате лучше выбирать там, где ветры и воздушные течения способствуют охлаждению воздуха. Для защиты от жарких пыльных ветров следует использовать повышение рельефа – размещать здания в пониженных местах, чтобы они охлаждались в ночное время прохладным воздухом, сосредоточивающимися в долинах и понижениях рельефа [5].

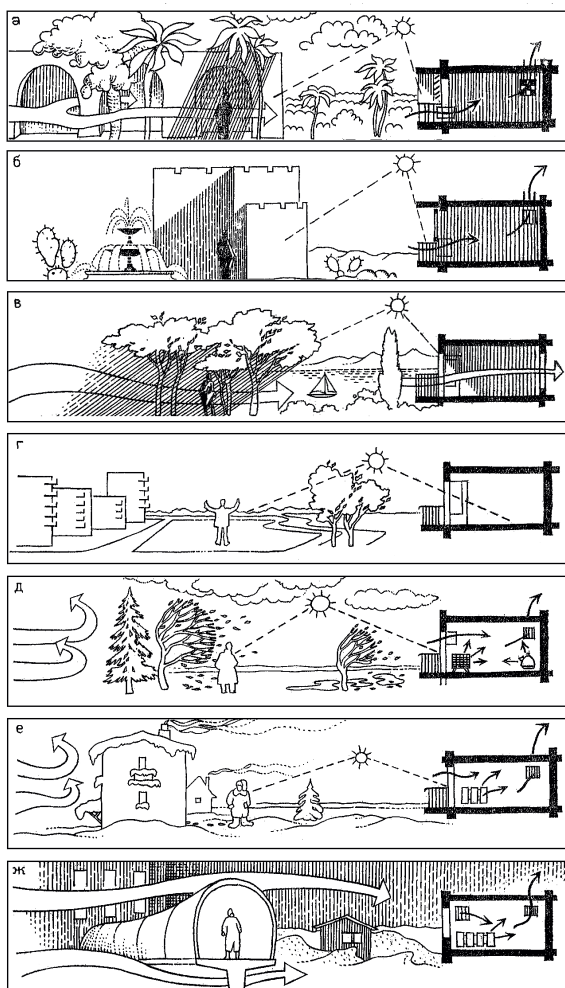


Рис.2. Основные режимы эксплуатации зданий при различных типах погоды: а – жаркая (изолированный режим); б сухая жаркая или засушливая (закрытый режим); в – теплая (полуоткрытый режим); г – комфортная (открытый режим); д – прохладная (полуоткрытый режим); е – холодная (закрытый режим); ж – суровая (изолированный режим).

Эффективным средством защиты территории жилой застройки от перегрева служат благоустройство и озеленение. Основные массивы насаждений равномерно рассредоточивают по участку, располагая в непосредственной близости от зданий. Покрытия дорожек, прогулочных аллей, площадок рекомендуется выполнять из светлых материалов, не аккумулирующих тепло. Рекомендуется сажать деревья и кустарники, способствующие улучшению санитарно-гигиенических и художественно-эстетических качеств среды [7].

ОСОБЕННОСТИ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Качество малоэтажной жилой среды определяется ее функционально-планировочными, гигиеническими, техническими и эстетическими характеристиками, которые в равной степени важны и для квартиры, и для селитебных зон. Наличие этих характеристик обеспечивает комфорт проживания, а, следовательно, и социальную эффективность жилой среды. Достижение комфорта составляет главную цель проектирования. Для этого рекомендуется создавать универсальное гибкое пространство в каждой жилой ячейке малоэтажной застройки. За основу этой унификации можно взять гостиную, в которой внедрить дополнительные функции. Создание многофункционального пространства позволяет более эффективно использовать все внутренние площади [3].

Наряду с обычными требованиями функционального, технического и экономического характера, общими требованиями к объемно-планировочным решениям зданий для всех жарких районов являются: защита от повышенной солнечной радиации; создание возможности нормального гигиенического проветривания; изоляция помещений с тепло- и газовойделениями от помещений длительного пребывания людей.

В условиях жарко-влажного климата наиболее часто встречаются дома галерейного типа, с внутренним залом и со сквозным или угловым проветриванием. Наблюдается увеличение крытых сквозных летних помещений (галереи, террасы, залы).

Для жарких влажных районов необходима открытая структура зданий с раскрытием внутренних пространств во внешнюю среду. Непосредственная связь с внешней средой является средством повышения функционально-эксплуатационных и санитарно-гигиенических качеств. Затененные лоджии, балконы

и веранды домах используют как помещения для сна и отдыха. Необходимо обеспечить сквозное проветривание, подвижность и осушение воздуха, уничтожение сырости в зданиях и защиту от дождей. Исходя из этих условий, ширина зданий должна быть небольшой, так, чтобы кроме веранд и лоджий по ширине корпуса размещалась одна комната. В условиях, где местные ветры достигают значительных скоростей, по ширине здания могут располагаться два помещения.

В жарком сухом климате теплозащиту наиболее эффективно обеспечивает закрытый режим помещений и ограждающие конструкции, обладающие высоким термическим сопротивлением и тепловой инерцией. Жилые дома целесообразно проектировать с внутренними дворами-садами, являющимися открытыми помещениями для времяпровождения. В таких дворах устраивают водоемы, фонтаны, арки, высаживают растения и тем самым создают условия для охлаждения и увлажнения воздуха. В то же время двор хорошо защищен от пыли [6].

Наилучшим образом требованиям условий жарких влажных районов отвечают здания, приподнятые над уровнем земли (на один этаж, или минимум на 90 см), на колоннах или стойках. Микроклимат помещений, размещенных выше уровня земли, менее подвержен влиянию влажности; достигается хорошее проветривание конструкций нижней части здания, что повышает их эксплуатационные качества. Затененное пространство первого этажа служит местом отдыха на открытом воздухе. В жарком сухом климате напротив, рекомендуется частичное заглубление здания в грунт. В одноэтажных домах за счет охлаждающего действия грунта температура может быть снижена в помещении на 3-4°C.

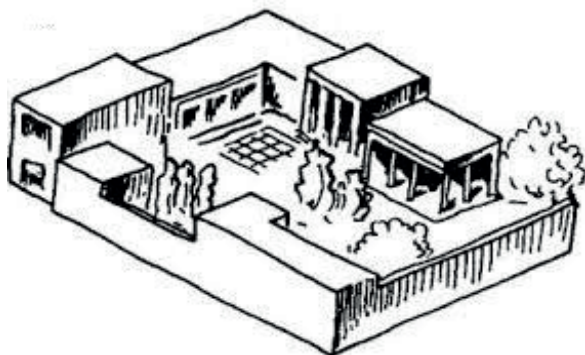


Рис. 3. Схема дома с квадратным центральным внутренним двориком

Все помещения, входящие в квартиру, в жарком климате имеют специфические осо-

бенности, от учета которых во многом зависит успех проектирования.

Галереи, лоджии, как и наружные стены, должны быть хорошо защищены от прямых лучей солнца – планировочно, конструктивно, специальными солнцезащитными устройствами. Наиболее распространенные из которых – козырьки, жалюзи и солнцезерезы. Козырьки используют главным образом для затенения южных фасадов. Они имеют простую конструкцию и незначительно снижают освещенность, но при этом не защищают помещение от косых лучей солнца. Жалюзи хорошо защищают помещение от солнечной радиации при любой ориентации проёмов. Они значительно снижают естественную освещенность помещений. Для затенения световых проёмов с северо-западной и северо-восточной ориентации применяют вертикальные ребра из сплошных плит [7].

Высоту помещений жилых зданий при естественном регулировании следует принимать из расчета обеспечения достаточного запаса воздуха в условиях закрытого дневного режима и создания условий для движения воздуха, не менее 3-х метров для южных районов. Снижение температуры в помещении достигается не столько увеличением его высоты и объема, сколько подвижностью воздуха и затенением.

Для жаркого сухого климата оконные проемы устраивают на южном и северном фасадах, ограниченное количество – на восточном и располагают их в верхней части помещений, сдвигая к углу комнаты, чтобы уменьшить количество света, попадающего в помещения [4]. В жарком влажном климате оконные проемы большие, подоконники следует устраивать на высоте кроватей на уровне 0,4-0,5м, так как скорость воздуха ниже подоконника падает до 25% по сравнению со скоростью основного потока, тем самым уменьшается застоя зона воздуха. При высоких подоконниках в ночное время спящие люди оказываются в зоне застоя воздуха. Для регулирования направления воздушного потока в окнах устанавливаются регулируемые жалюзийные решетки.

При решении планировки квартир особое внимание должно быть обращено на обеспечение отдельного проветривания жилых помещений и помещений с избыточными тепло- и газовыделениями, поэтому целесообразно при планировке выделить кухню обособлено, либо отделять от жилых комнат каким-либо шлюзом или размещать между комнатами и кухней помещения подсобного характера.

Большое внимание должно быть уделено размещению санитарных узлов. Чтобы воз-

дух из них не попадал в жилые помещения, их следует размещать у наружных стен с подветренной стороны. Пониженное давление у этих стен способствует отсосу воздуха из санузлов наружу. Также необходимо устройство искусственной вентиляции. Особое значение в жарком влажном климате имеют души. Ими пользуются многократно в течение суток, поэтому следует делать два душа – в ванной комнате и отдельный.

При застройке с приусадебными участками кухни, санузлы и души следует выделять в отдельные помещения и выносить вглубь участка.

Спальни служат для пребывания людей в течение большей части суток. Обычно спальни ориентируют на южную сторону. В жарком влажном климате проветривание этих комнат должно быть обеспечено наилучшим образом. Воздушные потоки при проветривании должны омывать спальные места. Спальни могут устраиваться на 1 – 2 человек.

Общая комната играет несколько меньшую роль, по сравнению со спальней. Ее используют тогда, когда нельзя пользоваться верандой или лоджией (во время косого дождя). Иногда общую комнату совмещают со столовой. Средние площади этих комнат – 35 – 37 м². В общей комнате должен быть обеспечен 25 – 30-кратный обмен воздуха при норме 9 – 15 м³ объема помещения на человека.

При проектировании малоэтажных жилых зданий необходим поиск оригинальных, современных решений, обеспечивающих комфортность микроклимата помещений. Наиболее просто эта задача решается кондиционированием. Рекомендуется устанавливать индивидуальные кондиционеры или (как альтернатива) в кухнях и жилых комнатах следует предусматривать возможность установки кондиционеров-доводчиков с целью поддержания температуры внутреннего воздуха в оптимальных параметрах. Общая запыленность воздуха, пыльные и песчаные бури показывают необходимость герметизации помещений при кондиционировании. Можно использовать испарительное охлаждение воздуха, когда прямым или двухступенчатым испарительным охлаждением возможно обеспечить заданные параметры воздуха в помещении, также допускается устройство приточно-вытяжной механической вентиляции [8].

Создание условий теплового комфорта на территории, прилегающей к зданию, предполагает использование продуманной системы малых форм. Перголы, навесы, беседки и дру-

гие сооружения такого рода могут способствовать и улучшению микроклимата на участке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Объемно-планировочные решения жилых зданий должны обеспечивать не только функционально-эстетические, но и необходимые санитарно-гигиенические требования. Предъявляемые зданиям требования в условиях одного климата, могут быть неприемлемы для других климатических районов, поэтому при проектировании зданий вообще, а жилых особенно следует тщательно учитывать особенности района строительства.

Объемно-планировочные решения малоэтажных жилых зданий в условиях жаркого влажного климата должны предусматривать активную аэрацию и затенение, т.е. защиту от перегрева помещений, охлаждение и уменьшение влажности внутреннего воздуха. Объемно-планировочные решения малоэтажных жилых зданий в условиях жаркого сухого климата должны предусматривать защиту от перегрева помещений, охлаждение и защиту от пыльных бурь. Рекомендуется устраивать внутренний дворик, так же должен быть создан искусственный ландшафт, для препятствия попадания прямых солнечных лучей.

Совокупность факторов защиты зданий от перегрева обеспечивает хороший уровень комфортности в условиях жаркого климата, что улучшает микроклимат помещений, сокращает единовременные и эксплуатационные затраты на строительство и ремонт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. - М.: Минрегион России от 30 июня 2012. – 96с.
2. Бударин Е.Л. Принципы архитектурно-планировочной организации индивидуального жилища в условиях самодетельного строительства (на примере ставропольского края) : автореф. дис ... канд. архитектуры: 05.23.21 / Е. Л. Бударин ; **науч. рук.** проф. Н.А. Сапрыкина ; Московский архитектурный институт (государственная академия). - Москва, 2015.- 25 с.
3. Гаттас Н.К. Архитектурно – планировочная структура жилых домов для Ливана / Н. К. Гаттас // Сборник статей МАРХИ, // Архитектура С. Москва 2006 стр. 57-58
4. Маклакова Т.Г. Конструкции гражданских зданий: учебник / Т.Г. Маклакова, С.М. Нанасова. - М.: АСВ, 2002. – 272с.

5. Саини В.С. Исследование проблем строительства в районах с сухим жарким климатом / В.С. Саини. – М.: Стройиздат, 1980. – 248с.

6. Шевцов К.К. Проектирование зданий для районов с особыми природно-климатическими условиями: учеб. пособие для студентов вузов по спец. «Промышленное и гражданское строительство» / К.К. Шевцов. – М.: Высш. Шк.,

1986. – 232 с.: ил.

7. Шевченко Л.П. Архитектура и климат Южно-Российского региона: учеб. пособие для вузов / Л.П. Шевченко. – Ростов н/Д: 1998.-183с.

8. Штоль, Т.М. Строительство зданий и сооружений в условиях жаркого климата: учеб. пособие / Т.М. Штоль. – М.: Стройиздат, 1984.-349с.

SPACE-PLANNING DECISIONS OF LOW-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS IN HOT CLIMATES

M.V. Maksimova, S.O. Melnikova

Abstract. This article describes the characteristic climatic features of the hot climate. Considered space planning solutions for low-rise residential buildings for areas with hot humid and hot dry climates. Also described ways of dealing with a high temperature of internal air in premises and describes the various options for sun protection devices. Recommendations for improvement of the microclimate according to the area of construction. Reviewed software functional and aesthetic and sanitary-hygienic requirements for space-planning decisions of residential buildings in hot climates.

Keywords: warm humid climate, hot dry climate, low construction, space-planning decisions of buildings, solar protection, climatic conditions, thermal protection.

REFERENCES

1. SP 50.13330.2012 Teplovaya zashchita zdaniy [Thermal protection of buildings]. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 23 02-2003. - M.: Minregion Rossii ot 30 iyunya 2012. – 96 p.

2. Budarin E.L. Principy arhitekturno–planirovochnoj organizacii individual'nogo zhilishcha v usloviyah samodeyatel'nogo stroitel'stva (na primere stavropol'skogo kraja) [Principles of architectural and planning organization of individual dwelling in conditions of amateur construction (by the example of the Stavropol Territory)]: avtoref. dis ... kand. arhitektury: 05.23.21 / E. L. Bkdarin ; nauch. ruk. prof. N.A. Saprykina ; Moskovskij arhitekturnyj institut (gosudarstvennaya akademiya). - Moscow, 2015.- 25 p.

3. Gattas N.K. Arhitekturno – planirovochnaya struktura zhilyh domov dlya Livana [Architectural and planning structure of houses for Lebanon]- Arhitektura S. Moscow, 2006, pp. 57-58

4. Maklakova T.G. Konstrukcii grazhdanskikh zdaniy [Civil building structures]- Moscow, ASV, 2002. – 272 p.

5. Saini V.S. Issledovanie problem stroitel'stva v rajonah s suhim zharkim klimatom [Study of the problems of construction in areas with dry hot climates]. Moscow, Strojizdat, 1980. – 248 p.

6. Shevcov K.K. Proektirovanie zdaniy dlya rajonov s osobymi prirodno-klimaticheskimi usloviyami [Designing buildings for areas with

special climatic conditions] – Moscow, Vyssh. SHk., 1986. – 232 p.: il.

7. Shevchenko L.P. Arhitektura i klimat YUzhno Rossijskogo regiona [Architecture and Climate of the Southern Russian Region] Rostov n/D, 1998.-183 p.

8. Shtol', T.M. Stroitel'stvo zdaniy i sooruzhenij v usloviyah zharkogo klimata [Construction of buildings and structures in a hot climate] – Moscow, Strojizdat, 1984.- 349 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Максимова Марина Владимировна (Омск, Россия) – Зав. кафедрой «Архитектурно-конструктивное проектирование» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, просп. Мира, 5, e-mail: m9139768547@gmail.com).

Melnikova Svetlana Olegovna (Omsk, Russian Federation) – graduate student FSBEI HE “SibADI” (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: svetamelnikova93@yandex.ru).

Мельникова Светлана Олеговна (Омск, Россия) – магистрант ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, просп. Мира, 5, , e-mail: svetamelnikova93@yandex.ru).

Maksimova Marina Vladimirovna (Omsk, Russian Federation) – Head. the Department of “architecture and constructive design” FSBEI HE “SibADI” (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: m9139768547@gmail.com).

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОПИЛЬНЫХ ФЕРМ ИЗ ПАРНЫХ УГОЛКОВ

О.Ю. Марахина, Д.А. Кузьмин
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы возникновения и влияния изгибающих моментов на несущую способность стержней ферм из парных уголков на листовых фасонках. Сопоставлены результаты исследований с требованиями действующих Норм в строительстве. Определены дополнительные условия возникновения догружающих внутренних усилий в фермах, помимо общепринятых. По результатам исследований предложен инженерный способ учета влияния изгибающих моментов в стержнях ферм из парных уголков при поверочных расчетах и проектировании стропильных ферм. Поставлены задачи дальнейших исследований.

Ключевые слова: несущая способность, внецентренное нагружение стержня фермы, стропильная ферма, общая устойчивость, коэффициенты условий работы.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широкое распространение во многих областях строительства получили стальные фермы. Их применяют в покрытиях и перекрытиях промышленных и гражданских зданий, мостах, опорах линий электропередач и т.д. В зависимости от назначения, условий эксплуатации, архитектурных требований и схемы приложения нагрузок фермы могут иметь самую разнообразную конструктивную форму – от легких прутковых конструкций до тяжелых ферм, стержни которых komponуются из нескольких элементов крупных профилей.

Одними из наиболее распространенных являются стальные фермы со стержнями из парных уголков, объединенных фасонками. Такие сечения имеют большой диапазон площадей, удобны для конструирования узлов и прикрепления примыкающих к фермам конструкций (прогонов, кровельных панелей, связей и т.п.). Фермы из парных уголков также применяют в сочетании с легкими и тяжелыми ограждающими конструкциями при пролете зданий 18...42 м при строительстве во всех климатических районах. К недостаткам таких ферм относят металло- и трудоемкость, связанные с большим количеством элементов фермы.

АНАЛИЗ СИТУАЦИИ

Строго говоря, любая ферма с точки зрения конструктора – это многократно статически неопределимая система. В недалеком прошлом в связи со скудными возможностями ЭВМ расчеты стропильных ферм выполнялись вруч-

ную. Для упрощения, а порой просто для возможности ручного определения внутренних усилий в стержнях фермы вводились допущения о том, что стержни в узлах ферм сопряжены шарнирно.

Фактическое конструктивное исполнение узлов фермы – сварка уголков с жесткой пластиной угловыми швами – шарниром, по сути, не является, и упомянутое выше допущение правомерно только в случае существенной гибкости самих стержней фермы. Этот факт наводит на мысль о том, что в достаточно жестких стержнях фермы возможно развитие существенных узловых изгибающих моментов.

В действующих Нормах по проектированию стальных конструкций [1] указаны конструктивные требования к фермам: «...15.2.2. При расчете плоских ферм соединения элементов в узлах ферм допускается принимать шарнирными:

- при сечениях элементов из уголков или тавров;
- при двутавровых, Н-образных и трубчатых сечениях элементов, когда отношение высоты сечения h к длине элемента l между узлами не превышает: 1/15 – для конструкций, эксплуатируемых в районах с расчетными температурами ниже минус 45 °С; 1/10 – для конструкций, эксплуатируемых в остальных районах.

При превышении указанных отношений h/l следует учитывать дополнительные изгибающие моменты в элементах от жесткости узлов...».

Таким образом, указанное выше явление в Нормах не учитывается для уголкового ферм.

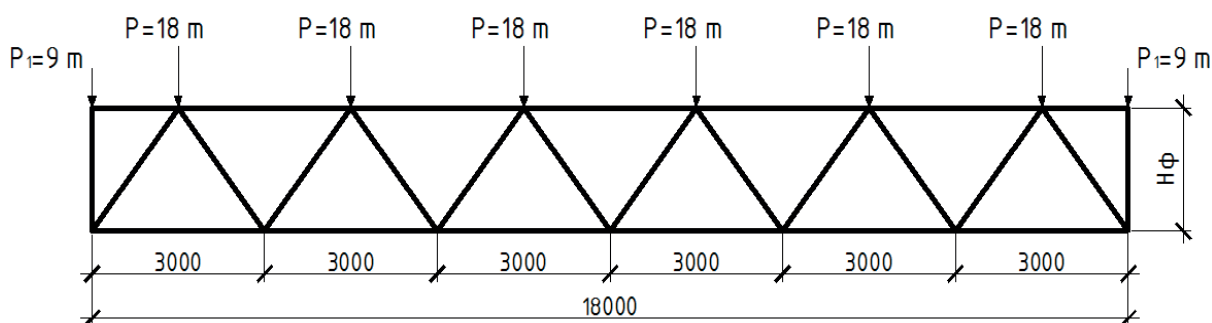


Рис. 1. Геометрическая схема исследуемой фермы

В технической литературе [2-4] изложены условия возникновения и учета изгибающих моментов в стержнях ферм: внеузловое приложение нагрузки к ферме, наличие расцентровки узлов, жесткость узлов (упомянутая в Нормах выше). При этом большинство авторов дословно копируют требования п. 15.2.2 [1], которое по существу вопроса неизменно и в прежних редакциях СНиП [5-7].

Отдельные источники [3] не разделяют фермы по типу сечений и рекомендуют учитывать в необходимых случаях жесткость узлов. Однако четких указаний на этот счет нет, остается неясным, противоречит ли по каким-либо соображениям автор Нормам, либо допускает не вполне точную трактовку их требований.

Кроме того существуют конструктивные требования к высоте ферм. Обычно с учетом требований транспортировки, монтажа, оптимальной жесткости и других факторов высоту ферм принимают в пределах $1/5 - 1/9$ пролета для ферм, за исключением треугольных [2-4]. Тем самым косвенно назначается длина отдельных стержней фермы, следовательно, и их гибкость.

В своей практике авторы статьи встречали случаи, когда в элементах угловых ферм развивались изгибающие моменты, приведшие к неблагоприятным последствиям и авариям. При этом с точки зрения нормативных документов [1, 5-7], ошибок при проектировании таких ферм допущено не было. Аварии проявлялись в фермах, имеющих небольшую высоту относительно пролета. При этом установлено, что фермы не соответствовали конструктивным требованиям по соотношению высоты и пролета, приведенным в технической литературе.

В связи с этими фактами авторы задались вопросом о целесообразности введения ограничений по учету изгибающих моментов в эле-

ментах стальных ферм из парных уголков при отсутствии эксцентрики в узлах и вне узлового приложения внешней нагрузки к ферме.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим зависимость влияния изгибающих моментов в стержнях фермы от ее высоты.

Для исследований выбрана геометрическая схема фермы по рис. 1.

Ферма свободно опертая, с параллельными поясами. Пролет ферм составляет 18 м. Шаг ферм принят 6 м. Раскосная решетка имеет треугольное очертание. Ширина панели принята унифицированной 3 м (для опирания прогонов или ребристых плит). Сечения стержней приняты тавровыми из равнополочных уголков [8].

Значение расчетной сосредоточенной нагрузки на ферму составляет 18 т (1 т/м^2), что соответствует усредненной полной расчетной нагрузке на покрытие для г. Омска. Нагрузка приложена в узлы фермы к верхнему поясу. Собственным весом фермы пренебрегли. Узлы фермы центрированы. Сталь поясов и решетки принята одинаковой марки С245.

Расчеты проведены в три этапа:

1. Подбор сечений элементов фермы с использованием программного комплекса «Кристалл» (SCAD);

2. Поверочный расчет фермы вручную в предположении шарниров в узлах (в полном соответствии с требованиями действующих Норм);

3. Поверочный расчет фермы вручную с учетом поперечных сил и изгибающих моментов в соответствии с требованиями раздела 9 [1].

При расчетах элементов фермы как внецентренно нагруженных не учтены изгибаю-

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

щие моменты, действующие на расстоянии $0.1L_r$ от каждого узла фермы (т.е. на участках стержней фермы, расположенных в окрестности узлов). Здесь L_r – геометрическая длина каждого из рассмотренных стержней. Указанное расстояние принято авторами условно в

предположении, что моменты близ узлов фермы воспринимаются фасонками.

В расчетах варьировалась высота фермы H в пределах от 1.0 до 3.5 м (1/18..1/5 пролета фермы).

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА ВЛИЯНИЯ ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ
НА НЕСУЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ФЕРМЫ

Ферма 1, пролет 18 м, высота 3.5 м, нагрузка 1 т/м ²									
Тип элемента	Сечение	Длина L, м	Шарниры		Жесткие узлы				Разница, %
			N, т	Кэф использования	N, т	Q, т	M, т*м	Кэф использования	
ВП	125x10	3	-69.5	0.94	-69.5	0.0002	0.103	0.95	1
НП	80x10	3	69.5	1.04	69.5	0.012	0.034	1.08	4
ОР	125x10	3.81	-58.6	0.99	-58.6	0.039	0.083	0.99	0
Р	120x8	3.81	-39	0.88	-39	0.03	0.05	0.88	0
С	80x10*	3.5	-9.1	0.55	-9.1	0.023	0.041	0.58	3
Ферма 2, пролет 18 м, высота 3 м, нагрузка 1 т/м ²									
Тип элемента	Сечение	Длина L, м	Шарниры		Жесткие узлы				Разница, %
			N, т	Кэф использования	N, т	Q, т	M, т*м	Кэф использования	
ВП	140x9	3	-80.9	0.98	-80.9	0.0002	0.16	0.98	0
НП	90x10	3	80.9	1.07	80.9	0.015	0.057	1.12	5
ОР	125x9	3.35	-60.2	0.98	-60.2	0.054	0.086	0.98	0
Р	110x8	3.35	-40.1	0.96	-40.1	0.04	0.063	0.96	0
С	75x5*	3	-9.08	0.9	-9.08	0.018	0.024	0.91	1
Ферма 3, пролет 18 м, высота 2.5 м, нагрузка 1 т/м ²									
Тип элемента	Сечение	Длина L, м	Шарниры		Жесткие узлы				Разница, %
			N, т	Кэф использования	N, т	Q, т	M, т*м	Кэф использования	
ВП	150x10	3	-97.1	0.95	-97.1	0.0002	0.255	0.95	0
НП	90x12	3	97	1.08	97	0.015	0.073	1.13	5
ОР	125x9	2.92	-62.8	0.91	-62.8	0.061	0.085	0.91	0
Р	110x8	2.92	-41.8	0.91	-41.8	0.043	0.066	0.91	0
С	75x5*	2.5	-9.1	0.7	-9.1	0.026	0.023	0.72	2

Ферма 4, пролет 18 м, высота 2 м, нагрузка 1 т/м²									
Тип элемента	Сечение	Длина L, м	Шарниры		Жесткие узлы				Разница, %
			N, т	Коэф использования	N, т	Q, т	M, т*м	Коэф использования	
ВП	160x11	3	-121	0.98	-121	0.00002	0.419	1	2
НП	100x14	3	121	1.04	121	0.02	0.135	1.11	7
ОР	125x8	2.50	-67.3	0.99	-67.3	0.083	0.083	0.99	0
Р	110x7	2.50	-44.7	0.81	-44.7	0.058	0.084	0.84	3
С	60x4	2	-9.08	0.86	-9.08	0.021	0.018	0.91	5
Ферма 5, пролет 18 м, высота 1.5 м, нагрузка 1 т/м²									
Тип элемента	Сечение	Длина L, м	Шарниры		Жесткие узлы				Разница, %
			N, т	Коэф использования	N, т	Q, т	M, т*м	Коэф использования	
ВП	200x12	3	-161	0.87	-161	0.001	1.2	1.01	14
НП	125x14	3	161	1.09	161	0.027	0.34	1.2	11
ОР	125x9	2.12	-76.2	0.92	-76.2	0.126	0.115	0.92	0
Р	100x7	2.12	-50.1	0.97	-50.1	0.062	0.085	1.01	4
С	50x4	1.5	-9.03	0.95	-9.03	0.024	0.015	1.03	8
Ферма 6, пролет 18 м, высота 1.0 м, нагрузка 1 т/м²									
Тип элемента	Сечение	Длина L, м	Шарниры		Жесткие узлы				Разница, %
			N, т	Коэф использования	N, т	Q, т	M, т*м	Коэф использования	
ВП	220x14	3	-238	0.97	-238	0.004	2.79	1.24	27
НП	200x13	3	238	1.06	238	0.072	2	1.31	25
ОР	140x9	1.80	-96.1	0.94	-96.1	0.153	0.17	0.94	0
Р	90x10	1.80	-63.1	0.96	-63.1	0.041	0.097	0.99	3
С	50x3	1	-9.33	0.82	-9.33	0.062	0.026	1.06	24

В таблице 1 условно обозначены наиболее нагруженные элементы фермы: ВП – верхнего пояса, НП – нижнего пояса, ОР – опорный раскос, Р – наиболее сжатый раскос решетки за исключением опорных, С – наиболее сжатая стойка.

Большие запасы в стойках обусловлены требованиями ограничения по гибкости стержней.

При ручных поверочных расчетах учтены коэффициенты условий работы γ_c по табл. 1 [1].

Выявленная разница в коэффициентах использования несущей способности элементов ферм при учете и не учете влияния изгибающих моментов представлена графически в виде коэффициентов работы фермы, понижающих предельно допустимые напряжения в соответствующих стержнях фермы (рис. 2).

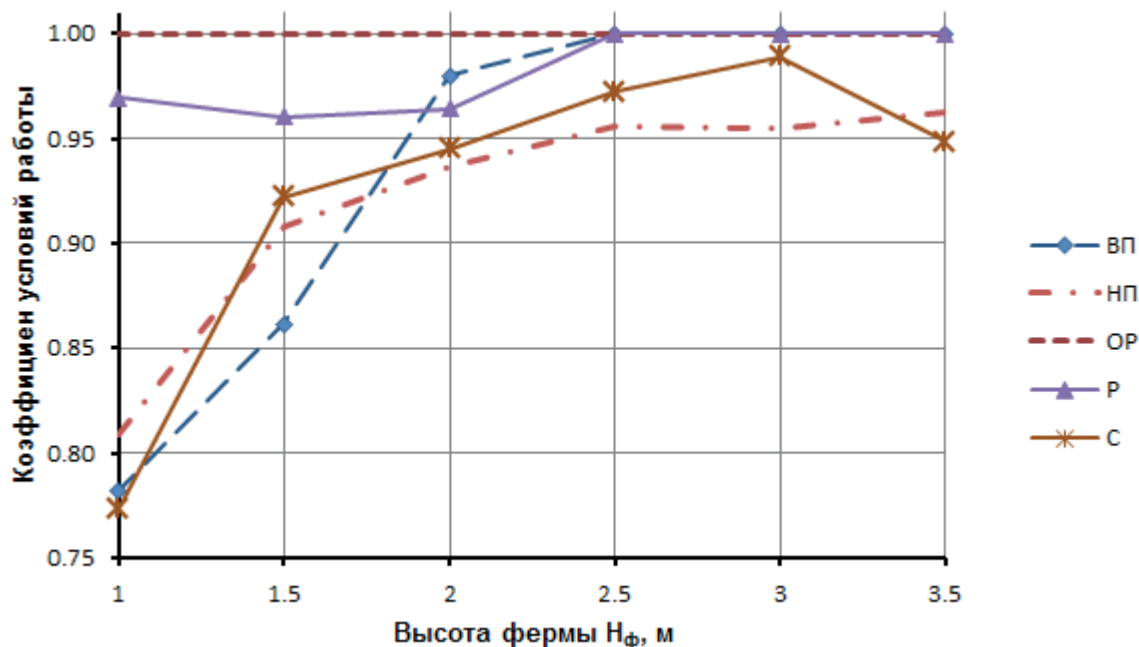


Рис. 2. Зависимость коэффициентов условий работы фермы от высоты фермы

Таблица 2
КОЭФФИЦИЕНТЫ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ФЕРМЫ γ_{ϕ}

H_{ϕ}/L	H_{ϕ} , м	Коэффициент условий работы фермы				
		ВП	НП	ОР	Р	С
1/5	3.5	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00
1/6	3	1.00	0.96	1.00	1.00	0.99
1/7	2.5	1.00	0.96	1.00	1.00	0.97
1/9	2	0.98	0.94	1.00	0.96	0.95
1/12	1.5	0.86	0.91	1.00	0.96	0.92
1/18	1	0.78	0.81	1.00	0.97	0.77

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов расчетов, позволяет сделать следующие выводы:

1. Необходимо учитывать жесткость узлов при расчетах ферм со стержнями из парных уголков при несоблюдении конструктивных требований по соотношению высоты фермы к ее пролету;
2. Существенные изгибающие моменты проявляются в рассмотренной ферме при высоте фермы 1.5 м и менее (меньше 1/10 пролета);
3. Наиболее существенное догружение изгибающие моменты оказывают на пояса фермы.
4. Величина нормальной силы в стержнях ферм при расчетах с введением и не введе-

нием шарниров в узлы существенно не меняется;

5. Допружение моментом нижнего пояса в фермах высотами 2..3.5 м на 4..7% нивелируется коэффициентом условий работы $\gamma_{\phi} = 0.9$ по табл. 1 [1] и не является критичным;

6. Допружение элементов изгибающими моментами в критичных ситуациях предлагается по аналогии учитывать коэффициентом условий работы фермы γ_{ϕ} . При этом для простоты расчетов предполагается учитывать влияние только нормальной силы, как это принято для большинства ферм, умножая расчетное сопротивление стали растяжению и сжатию на коэффициент γ_{ϕ} .

Например, коэффициент условий работы фермы для верхнего пояса определяется выражением:

$$\gamma_{\phi} = \begin{cases} 1, & \text{при } H_{\phi} / L \geq 1/7; \\ 0.04 \cdot (H_{\phi} / L) + 0.9, & \text{при } 1/7 < H_{\phi} / L \leq 1/9; \\ 0.1583 \cdot (H_{\phi} / L) + 0.624, & \text{при } 1/9 < H_{\phi} / L \leq 1/18. \end{cases} \quad (1)$$

Кроме того, коэффициент γ_{ϕ} возможно определять по таблице 2 линейной интерполяцией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования показывали, что расчеты по определению несущей способности элементов ферм из парных уголков необходимо производить с учетом изгибающих моментов в случаях, когда не соблюдены конструктивные требования по соотношению высоты ферм и пролета ($H_{\phi} < 1/9L$). Для простоты расчетов влияние моментов предложено учитывать понижающими коэффициентами условий работы γ_{ϕ} .

В настоящей работе приведены зависимости для конкретного типа ферм. В рамках дальнейших исследований предполагается установление и корректировка требуемых значений коэффициентов условий работы в функции от типа ферм, их высоты, длины панелей, жесткости сечений стержней фермы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-

81* (с Изменением N 1). – М.: Минрегион России, 2011. – 172 с.

2. Беленя Е. И. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов. / Е. И. Беленя, В.А. Балдин, Г.С. Ведеников - 6-е изд. - М.: Стройиздат, 1986. - 560 с.

3. Горев В.В. Металлические конструкции. Том 1. Элементы конструкций. / В.В. Горев, Б.Ю. Уваров, В. В. Филиппов, ред. Горева В.В. - 3-е изд. - М.: Высшая школа, 2004. - 528 с.

4. Файбишенко В.К. Металлические конструкции: учебное пособие для вузов. / В.К. Файбишенко – М.: Стройиздат, 1984. – 336 с.

5. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1981. – 163 с.

6. СНиП II-В.3-72. Стальные конструкции. Нормы проектирования. / Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1974. – 109 с.

7. СНиП II-В.3-62. Стальные конструкции. Нормы проектирования. / Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1969. – 65 с.

8. ГОСТ 8509-93. Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент. - Введ. 1997-01-01. - М.: Стандартинформ, 2012. – 12 с.

SOME FEATURES OF DESIGNING TRUSSED RAFTER OF DOUBLE ANGLES

O.Yu.Marakhina, D.A.Kuzmin

Annotation. The article deals with questions of the origin and influence bending moments on the bearing capacity of rods of the trusses of double angles on gusset plates. The results of the research with requirements of current codes of practice in construction are compared. Additional conditions for the emergence of complementary internal forces in trusses, besides the generally accepted ones, are determined. According to the results of a research, an engineering method for taking into account the influence of bending moments in the rods of trusses of double angles is proposed in checking calculations and designing trusses.

Keywords: bearing capacity, eccentric loading of rods of truss, trussed rafter, overall stability, structure behavior factors.

REFERENCES

1.SP 16.13330.2011. Stal'nye konstruksii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp II-23-81* (s Izmeneniem N 1) [Steel structures. Updated

version of SNIp II-23-81 * (with Change No. 1)]. - Moscow: Ministry of Regional Development of Russia, 2011. - 172 p.

2. Belenya E.I., Baldin V.A., Vedenikov G.S.. Metallicheskie konstruksii. Obshhij kurs: Ucheb-

nik dlya vuzov. [Metal constructions. General course: Textbook for high schools. - 6 th ed]. - Moscow: Stroyizdat, 1986. - 560 p.

3. Gorev V.V, Uvarov B.Yu., Filippov V.V, Metallicheskie konstruksii. Tom 1. Elementy konstruksij. [Metal structures. Volume 1. Elements of constructions.] / - 3rd ed. - Moscow: Higher School, 2004. - 528 p.

4. Faibishenko V.K. Metallicheskie konstruksii: uchebnoe posobie dlya vuzov [Metal structures: a textbook for high schools]. - Moscow: Stroyizdat, 1984. - 336 p.

5. SNIP II-23-81*. Stal'nye konstruksii [Steel structures]. / TSNIISK them. Kucherenko Gosstroy USSR. - Moscow: TSITP Gosstroy of the USSR, 1981. - 163 p.

6. SNIP II-B.3-72. Stal'nye konstruksii. Normy proektirovaniya [Steel structures. Design standards.] / Gosstroy of the USSR. - Moscow: Stroyizdat, 1974. - 109 p.

7. SNIP II-B.3-62. Stal'nye konstruksii. Normy proektirovaniya [Steel structures. Design standards.] / Gosstroy of the USSR. - Moscow: Stroyizdat, 1969. - 65 p.

8. GOST 8509-93. Ugolki stal'nye goryachekatanые ravnopolochnye. Sortiment. [Angles steel,

hot-rolled, equilateral. Assortment]. - Moscow: Standartinform, 2012. - 12 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Марахина Ольга Юрьевна (Омск, Россия) – студент ПГСб-13П1 ФГБОУ ВО Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: marahina.olya@mail.ru).

Marakhina Olga Yurievna (Omsk, Russian Federation) -student PGsb-13P1 Siberian state automobile and highway academy (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: marahina.olya@mail.ru).

Кузьмин Дмитрий Андреевич (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедр-ры Строительные конструкции ФГБОУ ВО Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (644080, г.Омск, пр. Мира, 5, e-mail: dimitri_kuzmin@mail.ru).

Kuzmin Dmitriy Andreevich (Omsk, Russian Federation) – candidate of technical Sciences, Associate Professor of Building construction Siberian state automobile and highway academy (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: dimitri_kuzmin@mail.ru).

УДК 69.07

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРЕХОСНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЖАТОЙ БЕТОННОЙ ПРИЗМЫ УСИЛЕННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОБОЙМОЙ

*М.В. Мосин
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия*

Аннотация. Проведено компьютерное моделирование в программном комплексе «Лира САПР» и приведены результаты численного моделирования напряженного состояния бетонной призмы обжатой металлической обоймой. Выявлена зависимость между увеличением несущей способности призмы и параметрами конструкции металлической обоймы. Выявлены отличия и сходства напряженно-деформированного состояния сжатых бетонных элементов, обжатых при различных решениях. Предложены основы для разработки методики проектирования металлических обойм.

Ключевые слова: Усиление колонн, трехосное сжатие, эффект обоймы, металлическая обойма, компьютерное моделирование, обжатие колонн, железобетонные колонны, ЛИРА САПР.

ВВЕДЕНИЕ

В практике строительства и реконструкции объектов часто возникает необходимость уве-

личения несущей способности железобетонных колонн [1]. Известен ряд способов усиления колонн, в том числе за счет устройства различных обойм (железобетонных, стальных

**РАЗДЕЛ III.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**

Таблица 1
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ НДС БЕТОННОЙ ПРИЗМЫ
ОБЖАТОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОБОЙМОЙ

Ø, хомутов, мм	Шаг шпилек, мм	Нагрузка, кгс/см ²	Усилие в тяжах, кгс	$s_{\min}^{(09)}$ кгс/см ²	$s_{\max}^{(09)}$ кгс/см ²	ε (т.1) * 10 ⁵	ε (т.2) * 10 ⁵	ε (т.3) * 10 ⁵	ε (т.4) * 10 ⁵	ΔZ , мм
0		70		7,315	7,315	10,520	10,520	10,520	10,520	-0,21
0		85		8,88	8,88	15,260	15,260	15,260	15,260	-0,305
0		100		10,4	10,4	24,000	24,000	24,000	24,000	-0,479
0		112		11,7	11,7	69,800	69,800	69,800	69,800	-1,4
*		70		-14,9	3,27	0,000	9,680	0,000	9,680	-0,204
*		85		-20,2	3,38	0,000	14,080	0,000	14,080	-0,297
*		100		-27,4	2,73	0,000	22,200	0,000	22,200	-0,466
*		112		-38,9	-2,82	0,000	66,000	0,000	66,000	-1,37
0,65	50	70	49,7	-4,31	6,33	7,945	10,295	8,067	10,296	-0,209
0,65	50	85	71,9	-7,44	7,46	11,481	14,932	11,658	14,933	0,791
0,65	50	100	110	-13,5	8,25	17,895	23,442	18,172	23,445	-0,475
0,65	50	110	199	-24,5	7,58	31,665	42,234	32,161	42,248	-0,857
0,65	50	115	1630	-53	-25,1	255,702	1080,450	260,464	1080,450	-21,7
0,65	50	100	160	-28,2	7,52	14,797	23,202	15,238	23,210	-0,473
0,65	50	100	320	-29,1	3,85	2,626	22,387	3,450	22,397	-0,468
1,5	50	50	78,7	-6,79	3,6	2,306	6,002	2,493	6,003	-0,206
1,5	50	70	128	-11,4	4,7	3,741	9,960	4,047	9,961	-0,206
1,5	50	100	269	-23,8	4,94	7,865	22,719	8,511	22,726	-0,47
1,5	50	110	424	-33,2	2,63	12,388	41,060	13,409	41,082	-0,848
1,5	50	115	1770	-56,4	-28,9	51,842	1079,722	56,143	1079,722	-21,6
2	50	100	307	-25,2	4,12	5,01108	22,53580	5,74696	22,54360	-0,469
3	50	50	106	-8,49	3,02	0,77672	5,88036	1,03332	5,88068	-0,124
3	50	70	169	-13,7	3,81	1,23525	9,77062	1,64427	9,77170	-0,205
3	50	100	334	-26,3	3,5	2,43660	22,37760	3,24778	22,38580	-0,468
3	50	110	489	-34,6	1,09	3,55002	40,62880	4,73638	40,65260	-0,845
3	50	112	616	-38,8	-2,05	4,46846	66,12640	5,96410	66,16640	-1,37
0,65	100	70	54,5	-3,62	6,96	8,67290	10,36930	9,56894	10,41726	-0,20934
0,65	100	85	79	-6,47	8,37	12,56194	15,03320	13,86784	15,11596	-0,30363
0,65	100	100	124	-12,1	9,71	19,67150	23,58520	21,73720	23,74640	-0,47671
0,65	100	110	222	-22,7	10,2	35,24460	42,47740	39,01920	42,81480	-0,85915
0,65	100	112	357	-31,5	9,41	56,46840	68,67520	62,67800	69,18700	-1,3892
0,65	150	70	53,1	1,98	7,75	8,58382	10,35432	10,42066	10,50770	-0,20983
0,65	150	85	76,8	1,22	9,52	12,43000	15,00932	15,11768	15,24814	-0,30436
0,65	150	100	120	-34,3	10,9	19,93364	23,59120	23,62180	23,93800	-0,47656
0,65	150	110	229	-64,5	12,5	35,74360	42,47980	42,54640	43,15340	-0,87249
0,65	150	112	365	-92,9	12,6	57,43340	68,69640	68,70120	69,73840	-1,4696

и т.п.). Применение обойм позволяет повысить предельную эксплуатационную нагрузку на колонны за счет: непосредственного включения в работу на восприятие вертикальных нагрузок; снижения поперечных растягивающих деформаций в сечениях усиливаемых колонн; увеличения жесткости и устойчивости колонн. Однако, отсутствует необходимая для проектирования методика по выбору вида обойм и расчету конструктивных элементов усиления. Остается не изучен эффект включения обойм в работу при отсутствии и наличии предварительного поперечного обжатия [2].

ПРЕДПОСЫЛКИ РАСЧЕТА

В данной работе выполнена попытка моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) сжатого бетонного элемента усиленного металлической обоймой. В качестве усиливаемого элемента принят бетонный образец в виде прямоугольной призмы. Размеры призмы соответствуют стандартным размерам образцов для испытания на осевое сжатие и равны 100x100x400мм, что позволит в дальнейшем сравнить результаты расчета с экспериментальными данными. В задаче смоделирована металлическая обойма, состоящая из прокатных металлических уголков, устанавливаемых в кромках усиливаемого элемента и стянутых металлическими шпильками. Целью работы является определение зависимости напряженно-деформированного состояния образца от параметров конструкции обоймы: сечения уголка, площади поперечного сечения и шага шпилек. [3]

Расчет модели произведен в программном комплексе «Лира-САПР 2013», реализующей метод конечных элементов в перемещениях. Приложение нагрузки равномерно распределенное по торцевым граням и действует по направлению оси бетонного образца. Нагрузка прикладывалась только к бетонной части модели, без передачи нагрузки на уголки обоймы. В модели предусмотрено отсутствие связи в вертикальном направлении между призмой и элементами обоймы, таким образом обойма воспринимает только горизонтальные усилия распора образца.

Для упрощения расчетной схемы в расчет принята четверть сечения расчетной схемы конструкции с учетом ее двойной симметрии. Узлы, совпадающие с плоскостью симметрии, закреплены от горизонтальных перемещений в направлении, в котором их перемещения должны быть равны нулю.[8]

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Результаты серии расчетов приведены в табл. 1.

Обойма ограничивает деформации бетона в значительной степени в кромках призмы. Но при этом, за счет перераспределения усилий в материале обжимаемого элемента ограничены деформации бетона вне зоны контакта уголка и образца. Градиент поперечных деформаций боковой грани сжатого элемента с закрепленными от перемещения кромками характеризует угол внутреннего трения материала (наиболее характерное значение для бетона $\varphi=37^\circ$). Эффект внутреннего трения позволяет перераспределять напряжения от обжатых участков бетонной призмы на смежные к ним. Об угле внутреннего трения можно судить по изополям горизонтальных перемещений испытываемого образца (рис.1).

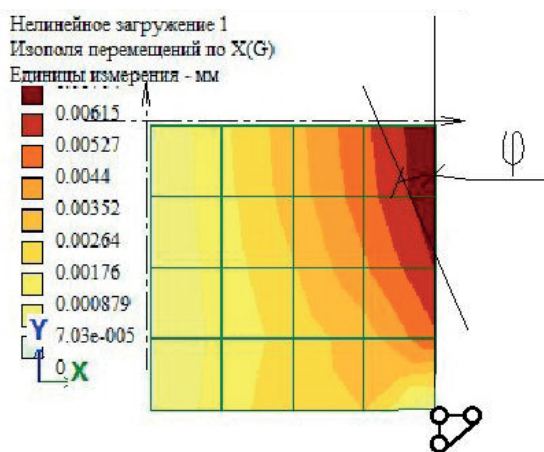


Рис. 1. Изополя горизонтальных деформаций бетонной призмы обжатой в кромке

Максимальные горизонтальные деформации возникают на центральной части боковой грани между шпильками обоймы (тяжами), т.е. на максимальном удалении от точек натяжения уголков обоймы. В той же области развиваются максимальные растягивающие эквивалентные напряжения, что ведет к развитию трещин и разрушению бетона именно на том участке.[7]

При росте сжимающей нагрузки на образец происходят деформации: в продольном направлении - сжатие, а в поперечном - растяжение. Возрастание деформаций вызывает увеличение усилий в тяжах. При линейной постановке задачи зависимость усилий в тяжах от нагрузки линейная, при физически нелинейной постановке задачи зависимость между

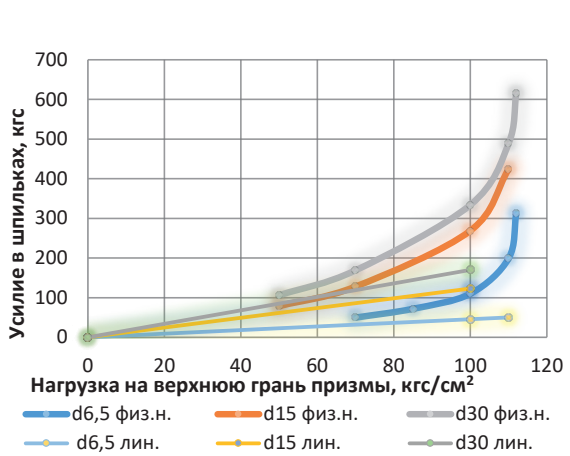


Рис. 2. Диаграмма зависимости усилий, возникающих в шпильках обоймы от сжимающей нагрузки, приложенной к верхней грани призмы

нагрузкой и усилиями в тязях параболическая с восходящей ветвью (рис.2). То есть усилия в тязях имеют аналогичную зависимость от нагрузки на усиливаемый образец, как и деформации (в том числе поперечные) в бетоне. Это свидетельствует о прямой зависимости между поперечными деформациями образца и усилиями в тязях. [4]

На сегодняшний день отсутствует возможность вычислить критическую нагрузку на элемент подверженный трехосному сжатию посредством программных комплексов реализующих метод конечных элементов (Лира, Scad, MicroFE). В ПК Лира за разрушение в конечном элементе (КЭ) принят момент, при котором главные, а не эквивалентные напряжения достигают критического значения растяжения или сжатия при одноосном напряженном состоянии. Таким же образом определяются деформации в КЭ. Деформации в конечных элементах Программным комплексом вычисляются в зависимости от главных напряжений, по закону, определенному при одноосном напряженном состоянии. При этом на основании многочисленных экспериментальных данных выявлено, что прочность и жесткость образцов подверженных трехосному сжатию выше чем у образцов при одноосном сжатии [10]. В данной работе для определения зависимости НДС образца усиленной обоймой от параметров конструкции металлической обоймы в соответствии с предпосылками программы используются результаты расчетов в программе «Лира САПР-2013» при физически нелинейной постановке. Для приближенного вычисления несущей способности усиленных призм использованы расчеты, основанные на линейной постановке задачи.

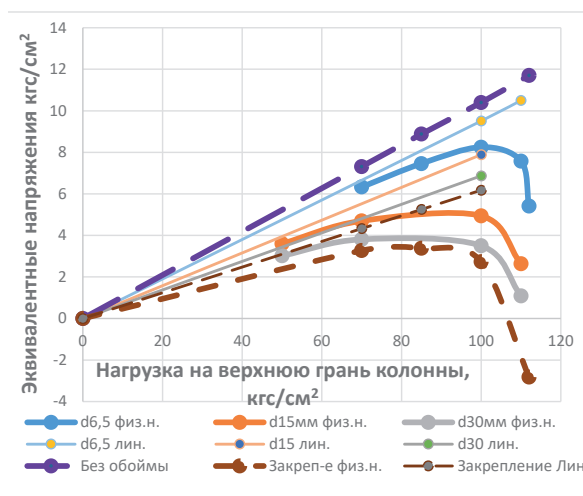


Рис. 3. Эквивалентные напряжения в максимально напряженных конечных элементах в зависимости от нагрузки на грань колонны, кгс/см²

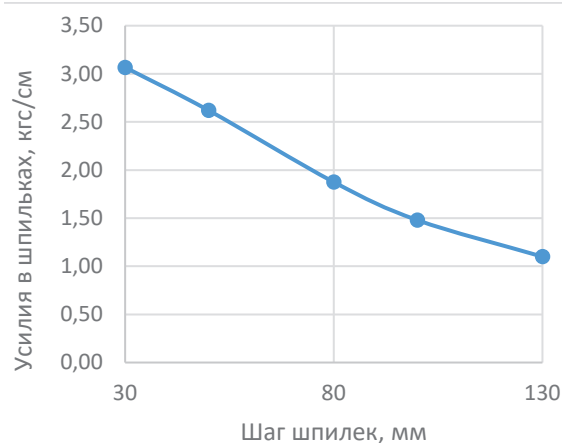


Рис. 4. Усилия, возникающие в шпильках приведенные на единицу высоты конструкции в зависимости от шага шпилек обоймы

Для первого приближения несущей способности при обжатии выполнен расчет при линейной постановке задачи. Таким образом прогнозируемый эффект усиления составляет 10-70%. Эффект усиления зависит от параметров обоймы и величины предварительного натяжения шпилек.

Увеличить эффект поперечного обжатия можно натянув шпильки динамометрическим ключом до определенного усилия. Усилие в шпильках передается на бетонный образец, вызывая при этом дополнительное обжатие и увеличивая его несущую способность. Метод преднапряжения позволяет полноценно вовлечь обойму в работу при усилении уже нагру-

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

женных элементов, когда поперечные деформации в значительной степени проявлены. Силу натяжения, необходимую для полноценного включения обоймы в совместную работу с бетонной конструкцией можно вычислить исходя из принципа независимости сил. В таком случае сила натяжения шпилек соответствует усилиям, возникающим в них если конструкция нагружена аналогичной нагрузкой, а обойма установлена перед нагружением конструкции.

Наиболее важным параметром металлических обойм при обжатии является шаг шпилек. При уменьшении шага шпилек уменьшается пролет уголка, который в свою очередь работает как многопролетная балка, изгибаемая в двух плоскостях, а так же увеличивается поперечная жесткость обоймы. Уменьшение пролета уголка увеличивает его жесткость, вследствие чего напряжения обжатия по длине кромки бетона передаются более равномерно. Как показатель уровня вовлечения обоймы в работу можно представить усилия в шпильках, приведенные на единицу высоты конструкции. Из диаграммы (рис.4) видно, что зависимость усилий в шпильках на единицу высоты и несущая способность усиленных призм от шага шпилек имеет вид экспоненты. Следует отметить, что при шаге шпилек более 100 мм, соответствующему стороне сечения усиливаемого элемента, прогнозируемая прочность усиленной конструкции ниже неусиленной, что свидетельствует о негативном эффекте обжатия при неравномерном обжатии кромок призмы. При большом шаге шпилек давление обоймы концентрируется на локальных участках бетонного образца и вызывает завышение эквивалентных напряжений в этой зоне.

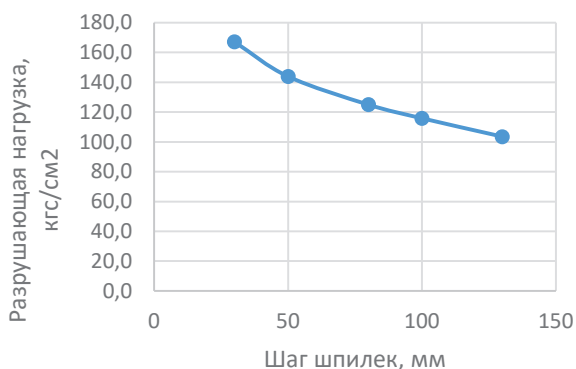


Рис. 5. Несущая способность бетонных образцов обжатых металлической обоймой в зависимости от шага шпилек обоймы

Подбор сечения продольного уголка следует производить исходя из требуемых конструк-

тивных размеров и изгибной жесткости. Главным параметром уголка является его изгибная жесткость, чем большую жесткость он имеет, тем равномерней он передает давление обжатия обоймы на усиливаемую конструкцию.

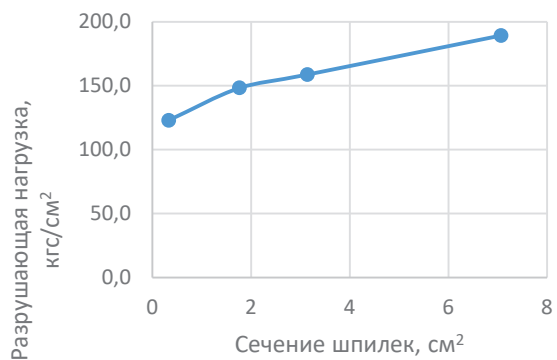


Рис. 6. График зависимости несущей способности бетонных элементов при обжатии от сечения шпилек обоймы

Для определения требуемого сечения уголка вычислим нагрузку, которая на него воздействует. На уголок действует равномерно распределенная по длине нагрузка, равнодействующая которой равна максимальному усилию в тросах. Из данного условия определим значение равномерно распределенной нагрузки (q):

$$q^{yr} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{R_s \cdot A_{нт}}{h},$$

где R_s - прочность шпильки на растяжение;
 $A_{нт}$ - площадь поперечного сечения шпильки;
 h - шаг шпилек.

Отсюда определяем требуемый момент сопротивления:

$$W_{тр}^{yr} = \frac{q \cdot h^2}{16 \cdot R_y}$$

Увеличение несущей способности обжатых образцов пропорционально увеличению площади сечения тяжелой обоймы. Данная зависимость связана с увеличением жесткости тяжелой (ЕА). Обойма большей жесткости воспринимает большие поперечные усилия от бетонного образца, следовательно, образец усиленный подобной обоймой имеет большую несущую способность. Зависимость усилий, возникающих в шпильках обоймы от площади их поперечного сечения отображена на диаграмме на рис. 7.

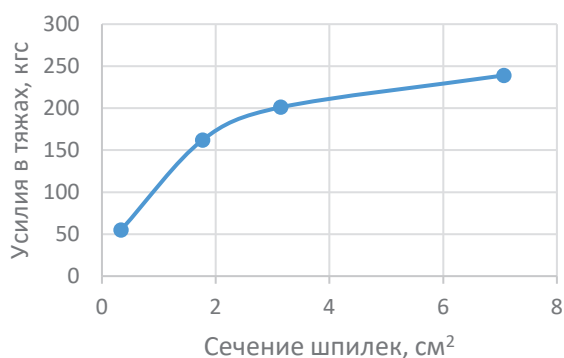


Рис. 7. График зависимости усилий возникающих в шпильках обоймы при усилении бетонных элементов обжатием от сечения шпилек

Поперечная жесткость обоймы, характеризует способность обоймы сдерживать поперечные деформации усиливаемого образца. Значение для металлических обойм выражается в жесткости шпилек приведенная на единицу высоты обжимаемого элемента.

Для металлической обоймы поперечная жесткость вычисляется по формуле

$$D_x = \frac{EA}{h},$$

где E- модуль упругости шпилек;

A- площадь поперечного сечения шпилек (нетто);

h – шаг шпилек.

Для сравнения для сплошных обойм из композитных лент

$$D_x = E \cdot t_f,$$

где-суммарная толщина слоёв углеволоконной ленты.

Проведем сравнение поперечных жесткостей металлической обоймы и обоймы из углеволокна. Для сравнения рассчитаем поперечную жесткость обоймы из реального проекта из композиционного материала на основе углеродных волокон - MbraceFib CF 230/4900.530g с суммарной толщиной $t_f = 0,293$ мм. Согласно СП [9] после усиления такой обоймой несущая способность железобетонная колонны из бетона класса В12,5 соответствует классу В30. [5]

$$D_x = Et_f = 2,04 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2 \cdot 0,0293 \text{ см} = 6 \cdot 10^4 \text{ кгс/см}.$$

Металлическая обойма с шпильками шагом 20см и диаметром d24мм ($A=4,52$ см²).

$$D_x = \frac{EA}{h} = \frac{2,06 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2 \cdot 4,52 \text{ см}^2}{20 \text{ см}} = 4,7 \cdot 10^5 \text{ кгс/см}.$$

Таким образом погонная жесткость металлической обоймы в 8 раз выше обоймы из КМФ, благодаря чему может быть более эф-

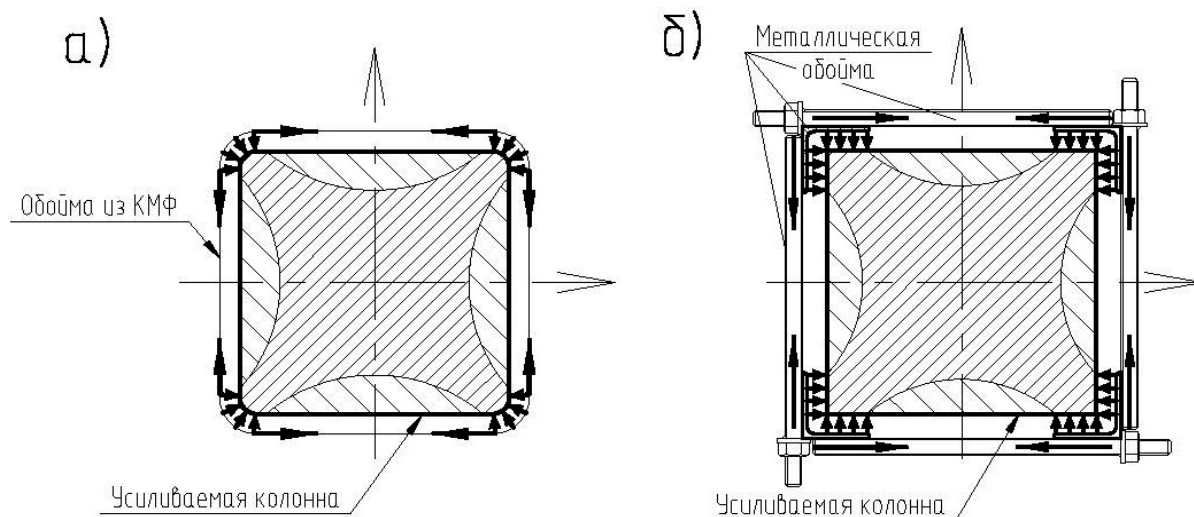


Рис. 8. Схема напряженного состояния системы бетонный элемент-обойма: а) при усилении обоймой из композитного материала б) при усилении металлической обоймой

фективно включена в работу. Однако, стоит отметить что из-за специфики конструкции металлической уголковой обоймы ее жесткость не равномерна по высоте конструкции, следовательно, положительный эффект может быть снижен.

Напряженное состояние прямоугольных колонн усиленных металлической обоймой соответствует НДС колонн аналогичного сечения, усиленных обоймой из углеволокна. Это явление можно объяснить тем, что обоймы из углеволокна обжимают только лишь кромки элемента подобно металлической уголковой обойме. Действие обоймы проиллюстрировано на рис. 8.

ВЫВОДЫ

Таким образом для теоретического описания прочности элемента усиленного металлической обоймой, можно использовать теоретические описания, используемые для расчетов усиления элементов, обжатых холстами из композитных материалов. Тем не менее существуют отличия, изменяющие эффект усиления как в положительную, так и в отрицательную сторону.

- При обжатии металлической обоймой давление уголка по длине кромки усиливаемого элемента имеет переменное значение. В уровне шпилек уголок передает большее значение обжатия, чем в уровне между шпильками. В элементе, усиленном обоймой из КМФ, теоретически обжимные напряжения распределены равномерно по длине кромки.

- Металлическая обойма обладает большей жесткостью чем обойма из КМФ. Более высокая жесткость обоймы позволяет более качественно сдерживать поперечные деформации бетона. Оценка жесткости обойм приведена выше.

- При помощи металлической обоймы за счет использования шпилек можно достигать более высоких значений обжатия чем при использовании обоймы из композитов.

- Металлическая обойма имеет большую площадь контакта с усиливаемым элементом в отличие от обоймы из КМФ, что увеличивает активную площадь обжатия. [6]

- Возможность комбинированного использования металлической обоймы при обжатии и включение уголка в работу на восприятие продольных усилий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпенко, Н.И. Общие модели механики железобетона / Н.И. Карпенко. – Москва: Стройиздат, 1996. -416с.

2. Оценка эффективности различных методов усиления железобетонных колонн / М. В. Мосин [и др.] // Архитектура, Строительство, Транспорт материалы Международной научно-практической конференции. 2-3 дек. 2015 г. / СибАДИ. – Омск, 2015. С. 363-367.

3. Мосин, М. В. Компьютерное моделирование трехосного напряженного состояния сжатой бетонной призмы / Мосин, М. В. [и др.] // Техника и технологии строительства. №4 (8). С. 91-97.

4. Берг, О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона/ О.Я. Берг.-Москва: Госстройиздат, 1962. -96с.

5. Шилин, А. А. Внешнее армирование железобетонных конструкций композитными материалами./ А. А. Шилин [и др.] - Москва: Стройиздат, 2007. -184с.

6. Tarabia, A. M., Albakry H. F. Strengthening of RC columns by steel angles and strips // Alexandria Engineering Journal. September 2014. стр. 615-626.

7. Римшин, В. И., Усиление железобетонных конструкций обоймами из композиционных материалов / В. И. Римшин, Ю. О. Кустикова // Строительная физика в XXI веке. - Москва. 2006. - С. 542-545.

8. Мурашов, В. В. Дефекты монолитных деталей и многослойных конструкций из полимерных композиционных материалов и методы их выявления [Текст]. Ч. 1. Дефекты монолитных деталей и многослойных конструкций из полимерных 161 композиционных материалов / В. В. Мурашов, А. Ф. Румянцев // Контроль. Диагностика. – 2007. – № 4. – С. 23-31.

9. Свод правил по проектированию и строительству: Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования [Текст]: СП 164.1325800.2014 : введ. 01.09.2014. – М.: Минстрой России, 2015. – 56 с.

10. Морозова, Т. С. Внешнее армирование железобетонных колонн композиционным материалом на основе углеволокна [Текст] / Т.С. Морозова, В. Д. Кузнецов //Инженерно-строительный журнал. – 2010. – №3. – С. 35-38.

RESULTS OF COMPUTER SIMULATION TRIAXIAL STATE OF STRESS PRISM COMPRESSED CONCRETE REINFORCED WITH METAL CLIP

M.V. Mosin

Abstract. Computer modeling in the software package "Lira SAPR" and the results of numerical modeling of the stress state of the concrete prism crimped me-metallic clip. The dependence between the increase in carrying capacity of prize-we design parameters of the metal holder. Revealed differences and similarities for example-mately-deformed condition compressed concrete elements crimped at different re-shenyah. Proposed a framework for the development of a technique of designing of metal clips.

Keywords: Reinforcement of columns, triaxial, the effect of the cage, metal cage, computer simulation, compression columns, concrete columns, LIRA SAPR.

REFERENCES

1. Karpenko N.I. Obshchie modeli mekhaniki zhelezobetona. [General mechanics model of reinforced concrete]. Moscow, Strojizdat, 1996. 416 p.

2. Mosin M. V., Ivasyuk I. M., Tishkov E. V., Bolinger YU. YU. Ocenka ehffektivnosti razlichnyh metodov usileniya zhelezobetonnyh kolonn. [Evaluating the effectiveness of various methods of strengthening concrete columns]. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Arhitektura, Stroitel'stvo, Transport» [Materials of the International scientific and practical conference «Architecture, Construction, Transport»]. Omsk, 2015, pp. 363-367.

3. Mosin M. V., Aleksandrov A. A., Ivasyuk I. M., Tishkov E. V. Komp'yuternoe modelirovanie trekhsnogo napryazhennogo sostoyaniya szhatoj betonnoj prizmy [Computer simulation of a triaxial stress state of the compressed concrete prisms]. Equipment and technologies of construction, no 4 (8), 2016, pp. 91-97.

4. Berg O.YA. Fizicheskie osnovy teorii prochnosti betona i zhelezobetona [Physical bases of the theory of durability of concrete and reinforced concrete]. Moskva: Gosstrojizdat, 1962. 96 p.

5. SHilin A. A. Vneshnee armirovanie zhelezobetonnyh konstrukcij kompozitnymi materialami. [External reinforcement of concrete structures with composite materials]. Moscow, Strojizdat, 2007. pp 90-110.

6. Tarabia A. M., Albakry H. F. Strengthening of RC columns by steel angles and strips. Alexandria Engineering Journal. September 2014. pp. 615-626.

7. Rimshin V. I., Kustikova YU. O. Usilenie zhelezobetonnyh konstrukcij obojmami iz kompozicionnyh materialov [Strengthening of rein-

forced concrete structures collars made of composite materials]. Construction physics in the 21st century, Moscow, 2006. pp. 542-545.

8. Murashov, V. V. Defekty monolitnyh detalej i mnogoslojnyh konstrukcij iz polimernyh kompozicionnyh materialov i metody ih vyyavleniya [Defects of Monolithic Details and Laminated Structures Made of Polymer Composite Materials and Methods of Detecting Them. Part.1 Defects of Monolithic Details and Laminated Structures Made of Polymer Composite Materials]. Testing. Diagnostics, 207, no. 4, pp. 23-31.

9. SP 164.1325800.2014. Svod pravil po proektirovaniyu i stroitel'stvu: Usilenie zhelezobetonnyh konstrukcij kompozitnymi materialami. Pravila proektirovaniya [Strengthening of reinforced concrete structures by FRP composites Regulation of design]. Moscow, Ministroy Rossii, 2015, 56 p.

10. Morozova, T. S., Kuznecov V. D. Vneshnee armirovanie zhelezobetonnyh kolonn kompozicionnym materialom na osnove uglevolokon [External reinforcing of reinforced concrete columns composite material on the basis of carbon fibers]. Construction magazine, 2010, no.№3, pp. 35-38.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Мосин Максим Владимирович (Омск, Россия) – аспирант кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5; e-mail: maksim.mosin@mail.ru).

Mosin Maxim Vladimirovich post graduate student of the Building structures Department of the Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira ave., 5, e-mail: maksim.mosin@mail.ru).

РАЗДЕЛ IV. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.655.3

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОВЕРКИ ПРАВИЛЬНОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ SQL-ЗАПРОСОВ

*З.В.Семенова, С.А. Любич, А.Г. Кузнецов, П.А.Мальцев
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия*

Аннотация. В статье представлен анализ ресурсов, которые могут быть использованы для тестирования пользователей, изучающих язык SQL. Представлен разработанный план атаки «Обход решения» на специализированные сервисы по обучению языку SQL и описаны результаты атак. Выявлены некоторые недостатки ресурсов с точки зрения их возможностей по проверке правильности составления SQL-запросов. Сделан вывод о целесообразности разработки специализированной тестовой системы для проверки правильности составления SQL-запросов.

Ключевые слова: база данных, теневая база данных, таблица, запись, схема БД, SQL-запрос, атака, система тестирования, автоматизированная система, СУБД.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, преобладающим типом СУБД, используемым для создания баз данных, в частности для корпоративных ИС, является реляционная система управления БД (SQL-ориентированная). Доказательством этому может, например, служить количество вакансий, предъявляющих требование к знанию SQL (на момент написания статьи, согласно сайту HeadHunter.ru, количество подобных вакансий превышало 8 тысяч). Как показал опрос, проведенный в 2016 году известным российским аналитическим агентством Тэглайн (Tagline.ru), 99,5% респондентов отдают предпочтение именно им [1]. Заметим, что в опросе принимали участия компании, занимающиеся разработкой баз данных. Это свидетельствует, что спрос на специалистов, владеющих языком SQL, будет в ближайшем будущем только расти. Существует и ряд других факторов, обуславливающих такой рост.

Во-первых, современные тенденции ежегодного увеличения вдвое объемов и источни-

ков информации, на что указывает международная исследовательская и консалтинговая компания International Data Corporation (IDC), занимающаяся изучением мирового рынка информационных технологий и телекоммуникаций. Во-вторых, вступил в силу Федеральный закон № 242-ФЗ, в котором указано, что «операторы должны при сборе персональных данных, в том числе посредством Интернета, обеспечить запись, систематизацию, накопление, хранение, уточнение (обновление, изменение), извлечение персональных данных граждан РФ с использованием баз данных, находящихся на территории нашей страны» [2]. И, наконец, процесс оцифровки уже накопленных данных (архивы, библиотеки, кадастры и пр.). Все это, очевидно также повлияет на повышение спроса на специалистов в области реляционных СУБД, владеющих языком SQL, а, следовательно, и на популярность использования ресурсов и систем, которые позволяют (при обучении SQL) контролировать правильность составленных запросов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Существует значительное количество программных средств (систем, сервисов и пр.), позволяющих осуществлять тестирование пользователей. Исходя из контекста проведенного нами исследования, разделим их на две основные группы:

- общего назначения;
- для проверки (или тренинга) написания SQL-запросов.

Представляется важным охарактеризовать возможности систем каждой группы с точки зрения их эффективности при формировании компетенций пользователя в области составления SQL-запросов. Необходимо выявить те особенности систем, которые могут позволить при неправильно выполненном тестовом задании зачесть его, как правильное и наоборот, при правильном ответе сигнализировать об ошибке.

ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Системы общего назначения могут быть использованы для обучения и тестирования по различным предметам. Условно и их можно разделить на две группы. Одна из них – это системы или сервисы, которые реализуют лишь одну функцию – тестирование.

Это, например, программная система SunRav TestOfficePro, предназначенная для контроля и проверки знаний. Состоит она из трех программ: для создания тестов, проведения тестирования, анализа результатов компьютерного тестирования. Другая программа - TestOfficePro работает в локальной сети и на компьютерах, не подключенных к сети (возможно тестирование с флеш-накопителей, компакт-дисков без установки программы). В публикациях освещены основные возможности таких программ для тестирования, как UniTest System VeralTest, «Конструктор тестов», INDIGO и другие [3].

Другая группа – это системы или сервисы, функция тестирования в которых является лишь составляющей. Одним из таких сервисов, например, является сервис *iSpring Online*. Сервис позволяет размещать в облаке курсы, тесты, поддерживает аудио, видео и документы, умеет рассылать приглашения и измерять эффективность обучения.

Одной из наиболее распространенной систем указанной группы, широко используемой в системе высшего образования, является система управления курсами Moodle. Moodle

(Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) – модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда, имеющая по оценкам компании «Открытые Технологии» более 60 тысяч инсталляций, реализованных более чем в 100 странах мира [4].

Среда имеет такой элемент курса, как «Тест», позволяющий составлять в рамках базовой сборки Moodle разнообразные типы тестовых вопросов: «выбор одного/нескольких из нескольких»; «верно/не верно»; «краткий открытый ответ (или «вопрос с пропуском»)»; «числовой ответ»; «вычисляемый (по формуле) ответ»; «установление соответствия»; «эссе (проверяется вручную)»; «вложенные ответы (комбинированный)».

Следует заметить, что все представленные в этом разделе сервисы и программы имеют приблизительно одинаковый набор типов тестовых заданий. В связи с этим, рассмотрим возможности и ограничения использования указанных систем и сервисов для проверки правильности составления SQL-запросов на примере Moodle.

Среди указанных типов тестовых вопросов для проверки правильности написания SQL-запросов могут подойти лишь три: «выбор одного/нескольких из нескольких», «краткий открытый ответ (или «вопрос с пропуском»)» и «установление соответствия».

При построении тестового вопроса на «выбор одного/нескольких из нескольких», составитель может предусмотреть несколько вариантов правильных ответов. Тестовый вопрос типа «Установление соответствия» реализован стандартно. Существенным недостатком этих двух типов является то, что обучающемуся не приходится самостоятельно составлять SQL-запросы. Высока вероятность «отгадывания» правильного ответа. Частично в Moodle и других, описанных выше системах, эта проблема может быть решена за счет использования такого типа вопроса, как «краткий открытый ответ». Он позволяет предложить пользователю либо написать полностью SQL-запрос, либо какую-то его часть (в зависимости от формулировки тестового задания). В этом случае проверка правильности ответа в Moodle опирается на механизм сравнения нормализованных строк. Правила нормализации можно задать в системе (например, учитывать или нет верхний регистр). В некоторых системах можно задать удаление пробелов.

Существенным недостатком является то, что разработчик теста может не учесть все

Таблица 1
ОПИСАНИЕ ПОЛЕЙ БАЗЫ ДАННЫХ «BOOKSHOP»

Таблица «Book»			Таблица «Publishing_house»		
Имя поля	Тип	Содержимое	Имя поля	Тип	Содержимое
ID_book (PK)	целое	Идентификатор книги	ID_Publish	целое	Идентификатор издательства
Author	строковое	Автор книги	Name	строковое	Название издательства
Name_book	строковое	Название книги	City	строковое	Город издательства
Page	целое				
Year_Pub	целое				
ID_Publish (FK)					

варианты правильных ответов. Поясним сказанное на примере реализации тестового задания на выборку.

Пусть имеется следующее задание. База данных «BookShop» состоит из двух таблиц «Book» и «Publishing_house», описание полей представлено в таблице 1. Выдать список книг (указать автора, название книги, год, город), опубликованных в 2016 и в 2017 годах в издательствах, расположенных в городе Омск и Москва.

Вариант верно составленного SQL-запроса.

```
SELECT Author, Name_book, Year_Pub, City
FROM Book, Publishing_house
WHERE (Year_Pub=2016 OR Year_Pub
=2017) AND (City = «Омск» OR City = «Мо-
сква») AND
(Book.ID_Publish = Publishing_house.ID_
Publish)
```

Однако этот вариант является далеко не единственным. Вместо логического выражения, выступающим фильтром по году издания (Year_Pub=2016 OR Year_Pub =2017) на SQL можно составить эквивалентные:

- Year_Pub In (2016, 2017)
- Year_Pub In (2017, 2016)
- (Year_Pub>=2016 AND Year_Pub <=2017)
- (Year_Pub<=2017 AND Year_Pub>=2016)

Аналогично можно иначе представить логическое выражение, выступающее фильтром по названию города, где расположено издательство. Кроме того, иначе можно описать и связи таблиц (не через предложение *WHERE*, а через предложение *JOIN*). Таким образом, даже при столь простом запросе правильных ответов может быть достаточно много и преду-

смотреть все варианты достаточно трудно.

Другим недостатком (скорее его можно отнести к неудобству) является то, что пользователю не предьявляется результат запроса, если составленный запрос был неверным с точки зрения формулировки задания, а синтаксически был оформлен корректно. Более того, в таком случае целесообразно, чтобы система выдавала 2 результата: результат, соответствующий составленному пользователем запросу и верный результат.

Сказанное свидетельствует, что эффективность проверки правильности составления SQL-запросов в тестовых системах общего назначения недостаточна высока.

ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ОБУЧЕНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ ПО SQL

В сети интернет можно найти немало количество онлайн курсов по SQL. Все они включают компонент по проверке правильности составления SQL-запросов, а в некоторых случаях проверку теоретических знаний. Кратко охарактеризуем некоторые из них.

Codecademy – это бесплатная онлайн платформа для изучения различных языков программирования. Кроме того, пользователи данного сайта могут пройти курс под названием «Learning SQL», ориентированного на обучение составлению SQL-запросов.

В рамках бесплатной версии пользователю предоставляется ограниченное количество заданий по данному курсу, а именно «Манипуляция с данными», «Команда SELECT ... FROM». Обучение таким предложениям команды SELECT, как «Where», «Order by», «group by», «union» и так далее доступно

только в платной версии сайта. В рамках этого курса существуют еще несколько разделов обучения: «Запросы и подзапросы», «Агрегированные функции», «Несколько таблиц».

TestDome - это абсолютно бесплатная система для обучения таким языкам программирования, как C#, PHP, JavaScript, Java, Python, C++, C и Ruby. Кроме того, существуют обучающие курсы, направленные на правильное написание SQL-запросов не только для обучения синтаксиса языка выборки данных, но и для приобретения навыков работы с базами данных в различных языках программирования.

В рамках раздела «Database technology» существует курс «SQL 15 minutes», который и представляет наибольшую ценность как аналогичная система по сравнению с ранее разработанной.

Codewars (Codewars.com) – это платформа для решения задач (в терминологии сайта – «ката») на различных языках программирования, в том числе SQL, ориентирован на программистов, создан ими и поддерживается ими. Отличительной особенностью ресурса является то, что пользователь сам выбирает интересующее его задание, пишет код, и «зарабатывает очки опыта», если написанный код проходит тесты. После отправки ответа пользователю предъявляются решения других участников.

SQL-EX – ресурс, ориентированный на приобретение навыков в написании операторов манипуляции данными языка SQL. Пользователь, выполняющий тестовое задание, вводит свой вариант SQL-запроса. При этом в случае неправильного ответа система сообщает об этом, а при правильном или синтаксически верном запросе система возвращает результат и визуализирует его. Предусмотрена возможность выполнять любые операторы DML к имеющимся базам данных, отключив опцию проверки. Предлагаются задания на выборку и на модификацию данных [5].

SQL Zoo – ресурс предлагает изучить SQL, ориентируясь на использование таких СУБД, как SQL Server, Oracle, MySQL, DB2 и PostgreSQL. Ресурс выполнен в виде электронного онлайн-учебника по SQL и предусматривает освоение таких SQL-предложений, как SELECT, CREATE, ALTER и DELETE. Кроме того, рассматриваются предложения GROUP BY, индексы, представления, соединения SQL, подзапросы, обработка значений NULL в SQL и т. д. SQLZoo также имеет несколько тестов SQL для проверки знаний [6].

Academy.vertabelo - этот ресурс предлагает на выбор несколько курсов: «SQL-запросы», «Работа с данными в SQL», «Создание таблиц в SQL». Каждый курс включает в себя десятки интерактивных упражнений с подробным объяснением теории урока и интерактивную консоль, которая проверяет решение пользователя. После завершения всех уроков предоставляется возможность пройти итоговое тестирование, чтобы проверить знания. Конте является платным, возможность бесплатно опробовать его возможности [7]

Для того, чтобы выявить условия, при которых система может оценить неправильный ответ, как верный, фактически необходимо реализовать атаку на систему (назовем ее «Обход решения»), предварительно составив план атаки (рисунок 1).

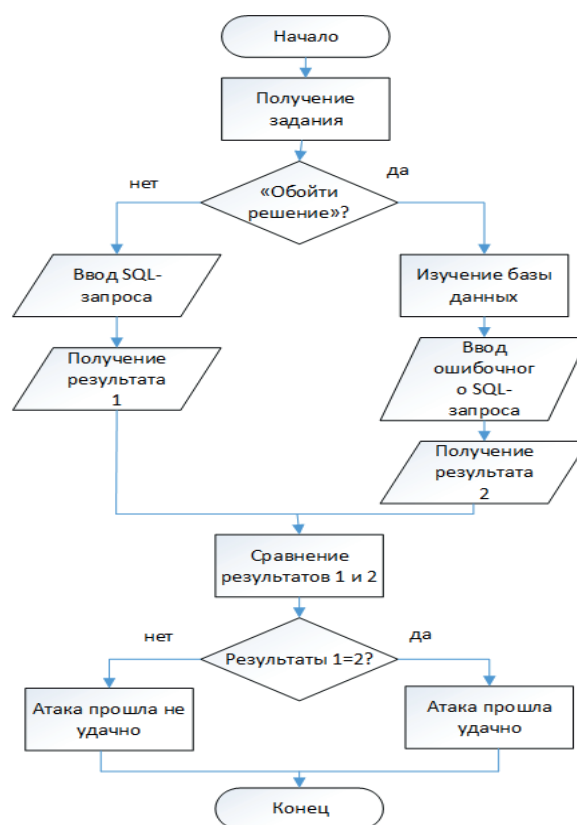


Рис. 1. Блок-схема алгоритма атаки «Обход решения»

В ходе эксперимента реализовать атаку «Обход решения» удалось для нескольких из представленных ресурсов. Для этого использовались следующие методы:

- выборка по другому полю или полям, не соответствующих запросу;
- сокращение количества записей;
- вывод нужного числового значения.

2.



How to use WHERE to filter records. Show the name for the countries that have a population of at least 200 million. 200 million is 200000000, there are eight zeros.

```
SELECT name FROM world
WHERE name = 'Brazil' or name = 'China' or name = 'India' or name
= 'Indonesia' or name = 'United States'
```

Submit SQL

Restore default

Correct answer

name
Brazil
China
India
Indonesia
United States

Рис. 2. Результат выполнения запроса

CODE EDITOR

```
1 select * from car
2 where (brand='Toyota' or brand='Fiat')
```

NEXT EXERCISE

TABLE CONSOLE

VIN	BRAND	MODEL	PRICE
JF1BR93D7BG498281	Toyota	Avensis	11300.00
1G1YZ23J9P5800003	Fiat	Punto	5700.00

Рис. 3. Результат выполнения неверного запроса

Так, например, при прохождении тестирования на ресурсе SQL Zoo было предложено следующее тестовое задание: «Вывести названия стран, население которых составляет более 200 миллионов (рисунок 2) Как видно из рисунка 2, составленное нами логическое

выражение в предложении Where не является корректным: вместо выражения *population > 200000000* было использовано совсем другое: *name = 'Brazil' OR name = 'China' OR name = 'India' OR name = 'Indonesia' OR name = 'United States'* При этом система оценила ответ, как верный.

Аналогичная атака увенчалась успехом и для ресурса *vertabelo* (*academy.vertabelo.com*). Системой в процессе тестирования было предложено задание, в соответствии с которым необходимо было вывести информацию о машинах, которые были произведены в 1999 году. Исходные данные для выполнения задания представлены в таблице 2.

Анализ содержимого таблицы позволил составить запрос не соответствующий поставленной задаче, но система приняла его, как верный, предложив перейти к другому заданию (рисунок 3).

Многие ресурсы атаку такого вида не пропускают. Так, например, ресурс *sql-ex.ru* успешно с ней справился, что обусловлено

Текущий рейтинг
rpos login score

Неверно.

Ваш запрос вернул **правильные данные на основной базе,** но не прошел тест на проверочной базе.
* Неверное число записей (меньше на 2)

Результат выполнения Вашего запроса:

model
1232

Рис. 4. Результат выполнения неверного запроса на ресурсе SQL-EX.RU

Таблица 2
ДАННЫЕ ТАБЛИЦЫ "CAR"

VIN	BRAND	MODEL	PRICE	PRODUCTION_YEAR
LJPCBLCX14500264	Ford	Focus	8000.00	2005
WPOZZZ79ZTS372128	Ford	Fusion	12500.00	2008
JF1BR93D7BG498281	Toyota	Avensis	11300.00	1999
KLATF08Y1VB363636	Volkswagen	Golf	3270.00	1992
1M8GDM9AXKP042788	Volkswagen	Golf	13000.00	2010
1HGCM82633A004352	Volkswagen	Jetta	6420.00	2003
1G1YZZ3J9P5800003	Fiat	Punto	5700.00	1999
GS723HDSAK2399002	Opel	Corsa	null	2007

наличием теневой (проверочной) базы данных (рисунок 4). Несмотря на то, что на основной базе данных был получен верный результат (верная выдача) при некорректном ответе (с точки зрения формулировки задания), ответ не был зашитан.

Далее рассмотрим, как можно реализовать атаку «Обход решения» следующим методом. Сокращение количества записей – это вид некорректных SQL-запросов, в которых для достижения нужно результата используется оператор "TOP", обеспечивающий вывод лишь первых N записей. Очевидно, что остальные записи не анализируются (отсекаются). В качестве исходных данных возьмем таблицу New_car (рисунок 5) и следующее тестовое задание: «Используя предложение "WHERE", вывести все данные для автомобилей, модель (поле Model) которых равна 'RAV4'».

New_car			
Id	Brand	Model	Year
1	Toyota	RAV4	2016
2	Subaru	Forester	2014
3	Lada	Granta	2015
4	Lada	Priora	2015
5	Nissan	Almera	2017

Рис. 5. Таблица New_car

Результат корректно составленного SQL-запроса, который выглядит следующим образом:

`SELECT * FROM New_car WHERE Model='RAV4';`, представлен на рисунке 5.

Id	Brand	Model	Year
1	Toyota	RAV4	2016

Рис. 6. Результат выполнения корректного запроса по значению поля Model

Анализируя полученный результат, представленный на рисунке 6, можно заметить, что в данном случае необходимая запись – первая в таблице. Чтобы ее получить, достаточно выполнить один из следующих SQL-запросов (в зависимости от типа СУБД):

`SELECT * FROM New_car LIMIT 1;`
`SELECT TOP(1) * FROM New_car;`

Очевидно, что с точки зрения формулировки задания данные запросы являются некорректными, при этом итоговый результат верен. Проведенные нами атаки на ресурсы показали, что не все из исследуемых ресурсов защищены от этого (таблица 3)

Аналогичные результаты были получены нами при использовании метода «Вывод нужного числа».

Вывод нужного числа – это вид некорректных SQL-запросов, в которых для получения нужного числа применяются агрегатные функции "COUNT" "AVG", "SUM", "MIN", "MAX" совместно со знаками сложения или вычитания. Как правило, они применяются в случае, если в задании необходимо что-то посчитать и вывести число в качестве результата. Рассмотрим задание на применение агрегатной функции count, в котором пользователю необходимо вывести количество автомобилей бренда (поле Brand) Lada. База данных состоит из одной, ранее представленной таблицы New_Car (рис. 7).

Запрос удовлетворяет условию задания, будет иметь следующий вид:

`SELECT COUNT(`
`SELECT * FROM Cars WHERE Brand =`
`'Lada'`
`) FROM Cars;`

Результат данного запроса будет выглядеть так, как это представлено рисунке 6.

Count
2

Рис. 7. Результат выполнения корректного запроса

Анализируя данные исходной таблицы (рис. 5) можно заметить, что количество автомобилей, поле Brand которых имеет значение «Lada» - 2. С помощью агрегатной функции «COUNT(*)» без оператора «WHERE» можно получить тот же результат, что и в случае составления запроса, отвечающего условию задания. Подобный запрос будет иметь следующий вид:

`SELECT count(*)-3 FROM Cars;`

Из проанализированных нами шести ресурсов подобную атаку не смогли распознать и отразить три (таблица 3).

Есть и еще один аспект анализа – нечувствительность к порядку полей в команде SELECT. Следует заметить, что в большинстве случаев в заданиях на составление SQL-запросов в явном виде перечисляются поля, значения которых необходимо вывести. При этом, на наш взгляд, порядок следова-

ния полей не всегда важен, особенно, когда, например, акцент в задании ставится на корректности составления логического выражения для предложения Where. Представляется, что в ряде запросов целесообразно было бы допустить возможность составления запроса с произвольным порядком следования полей. Проведенные нами атаки на ресурсы выявили, что ни один из них не позволяет этого делать, сообщая пользователю о неправильно выполненном задании.

В систематизированном виде результаты проведенных экспериментов представлены в таблице 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программные средства, образовательные порталы и ресурсы, предусматривающие проверку правильности написания SQL-запросов, крайне востребованы сейчас и, более того, наблюдается тенденция роста уровня их востребованности. Анализ показал, что системы общего назначения (специальным образом не ориентированные на изучение языка SQL) можно использовать лишь на самом начальном этапе изучения языка SQL, однако для от-

Таблица 3
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕСУРСОВ ПО ОБУЧЕНИЮ ЯЗЫКУ SQL

Характеристики сервисов	CodeWars	Sql-ex	Academy. vertabelo	SQL Zoo	TestDome	Co-decade-my
Бесплатность сервиса	+	+	+/-	+	+	+/-
Возможность выполнять SQL-запросы	+	+	+	+	+	+
Возможность выполнять запросы на выборку	+	+	+	+	+	+
Невозможность подбора результата при замене полей	+	+	-	-	+	-
Невозможность подбора результата при сокращении количества записей	+	+	-	+	+	-
Невозможность подбора результата при выводе нужного числового значения	+	+	-	-	+	-
Нечувствительность к порядку полей в команде SELECT	-	-	-	-	-	-
Невозможность модификации данных и таблиц	+	+	+	+	+	-
Возможность использования в учебном процессе (в соответствии с программой курса)	-	-	-	-	-	-

работки навыков написания сложных SQL-запросов их применение нецелесообразно. Что касается специализированных ресурсов, то многие из них могут неправильно составленный пользователем запрос (с точки зрения требований задания) оценить, как верный, что во многом обусловлено отсутствием теневой БД. Кроме того, все из проанализированных нами ресурсов не обладают таким свойством, как «нечувствительность к порядку полей в команде SELECT» и не характеризуются возможностью использования в учебном процессе (в соответствии с логикой учебного курса). Полученные результаты следует использовать при разработке системы для проверки правильности составления SQL-запросов, которое должно быть лишено подобных недостатков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рейтинг систем управления базами данных (СУБД) 2016. [Электронный ресурс].

– Режим доступа: <http://tagline.ru/database-management-systems-rating/>

2. Вступил в силу закон о хранении и обработке персональных данных россиян с использованием серверов, находящихся на территории России. ГАРАНТ.РУ: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/news/648095/#ixzz4fq1thNDx>

3. Перовская С. VeralTest Express 2.6: тесты на все случаи жизни: [Электронный ресурс]. – <http://www.softkey.info/reviews/review16552.php>

4. Moodle - система дистанционного обучения: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://opentechnology.ru/products/moodle>

5. SQL тренажер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sql-ex.ru>.

6. Websites to Learn SQL Online for FREE. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://javarevisited.blogspot.ru/2015/06/5-websites-to-learn-sql-online-for-free.html>

7. Курсы по SQL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://academy.vertabelo.com>

COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF MEANS OF AUTOMATED CHECK OF THE CORRECTNESS OF WRITING OF SQL REQUESTS

Z.v. Semenova, S.a. Yubich, a.g. Kuznetsov, p.a. Mal'tsev

Annotation. *The article presents an analysis of resources that can be used to test users who study the SQL language. Also, the article describes plan and result of the attack on web applications for learning the SQL language. There are some weaknesses of web applications in terms of their ability to verify the correctness of the compilation of SQL queries, which are also describes here. The conclusion deals with is made about the expediency of developing a specialized test system for verifying the correctness of writing SQL-queries.*

Keywords: *database, shadow database, table, record, DB scheme, SQL-request, attack, testing system, automated system, DBMS.*

REFERENCES

1. Rejting sistem upravleniya bazami dannyx (SUBD) 2016. Available at: <http://tagline.ru/database-management-systems-rating/>

2. Vstupil v silu zakon o sokhranenii i obrabotke personal'nykh dannyx s ispol'zovaniyem serverov, nakhodyashchikhsya na territorii Rossii. GARANT.RU. Available at: <http://www.garant.ru/news/648095/#ixzz4fq1thNDx>

3. Perovskaya S. VeralTest Express 2.6: testy na vse sluchai zhizni. Available at: <http://www.softkey.info/reviews/review16552.php>

4. Moodle - sistema distantsionnogo obucheniya. Available at: <https://opentechnology.ru/products/moodle>

5. SQL trenazher. Available at: <http://www.sql-ex.ru>. 5. SQL trainer (electronic resource): <http://www.sql-ex.ru>

6. Websites to Learn SQL Online for FREE. (electronic resource): <http://javarevisited.blogspot.ru/2015/06/5-websites-to-learn-sql-online-for-free.html>

7. Kursy po SQL. Available at: <https://academy.vertabelo.com>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Семенова Зинаида Васильевна – доктор педагогических наук, профессор, заведующая кафедрой «Информационная безопасность», СибАДИ. (E-mail: semenova.z.v@gmail.com).

важно понимать особенности существующих моделей и варианты их интеграции в реальные модели деятельности фирм. Рассмотрим подробнее основные модели с целью понимания вопросов описания бизнес-процессов и постановки задач на этапе проектирования не типовых решений для информационных проектов.

Для организации торгово-посреднических оптовых контактов существуют технологии взаимодействия посредством торговых площадок. Данный вид торговли между предприятиями обозначен термином B2B (Business to business или Бизнес для бизнеса). Целью модели B2B является повышение эффективности деятельности организаций. Формат взаимодействия в модели B2B может использовать несколько видов внутренних бизнес-процессов, для организации которых требуется использование различных форматов функционирования работы площадок. К таким бизнес-процессам могут быть отнесены следующие процедуры, при которых:

- компания закупает продукты в качестве сырья;
- компания использует продукты в качестве средства производства (инструменты, упаковки, оборудование, транспортные средства, упаковки для товаров);
- компания использует услуги другой компании для производства собственного товара (подбор персонала, IT, перевозки, маркетинг);
- компания потребляет товары для собственных нужд (электроэнергия, печатные издания, мебель, строительные материалы).

В качестве преимуществ модели B2B можно выделить:

- расширение списка потенциальных партнеров с целью расширения торговой деятельности;
- возможность наиболее тесного взаимодействия с партнерами для создания единой концепции развития;
- повышение защищенности коммерческой информации;
- расширение компании в географическом масштабе.

К рискам использования данной модели можно отнести: несоответствие качества товара, совершенствование логической стратегии и возможное снижение прибыли из-за снижения спроса на товар.

Кроме модели B2B электронный формат

сделок позволяет использовать модель B2C (Business-to-consumer или Бизнес для Потребителя), в которой для формализации непосредственной деятельности предприятия в интернете при ведении электронной торговли, с осуществлением прямых продаж потребителям выполняются коммерческие взаимоотношения между организацией (Business) и частным потребителем (Consumer) в формате мелкооптовой розничной торговли [2]. У данных взаимоотношений есть определенная стратегия, которая основана на коротком цикле продаж и контакте продавца и покупателя [3]. При этом с помощью интернет-технологий в данной модели, как правило, реализуется полный цикл торговых операций от выбора и оплаты до организации процедуры доставки товара.

Для большей наглядности на рисунке 1 представлена подробная схема возможных взаимодействий между моделями B2B, B2C и контрагентами.

Модель B2C обладает рядом значительных преимуществ, приводящих к:

- экономии времени – у людей с плотным графиком работы редко находится много времени, чтобы ездить по магазинам в поисках нужного товара;
- получению более полной информации, посредством каталога товаров – в интернете можно посмотреть полный прайс-лист, выбрать нужную сортировку товаров и предзаказать отсутствующий товар;
- снижению цен – продавец не тратит лишних средств на содержание торговой точки и дополнительных работников по работе с выставлением, консультированием и продажей товара или услуги;
- снижению затрат времени на оформление заказа – быстрый поиск товара и моментальная регистрация для получения бонусов или скидок на последующие покупки;
- возможности применения различных способов оплаты – покупатель сам решает какой способ оплаты ему выбрать: оплата наличными курьеру, наложенный платеж, электронными деньгами или банковской картой;
- улучшению сервисов послепродажного обслуживания – если покупатель не доволен товаром или он пришел с браком, то в течении установленного срока торговая площадка обязана заменить товар или вернуть деньги.

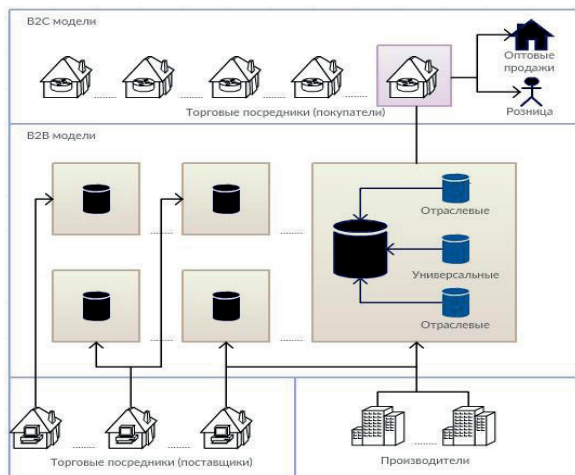


Рис. 1. Схема движения товаров между моделями B2B и B2C

Модель B2C обладает рядом значительных преимуществ, приводящих к:

- экономии времени – у людей с плотным графиком работы редко находится много времени, чтобы ездить по магазинам в поисках нужного товара;
- получению более полной информации, посредством каталога товаров – в интернете можно посмотреть полный прайс-лист, выбрать нужную сортировку товаров и предзаказать отсутствующий товар;
- снижению цен – продавец не тратит лишних средств на содержание торговой точки и дополнительных работников по работе с выставлением, консультированием и продажей товара или услуги;
- снижению затрат времени на оформление заказа – быстрый поиск товара и моментальная регистрация для получения бонусов или скидок на последующие покупки;
- возможности применения различных способов оплаты – покупатель сам решает какой способ оплаты ему выбрать: оплата наличными курьеру, наложенный платеж, электронными деньгами или банковской картой;
- улучшению сервисов послепродажного обслуживания – если покупатель не доволен товаром или он пришел с браком, то в течении установленного срока торговая площадка обязана заменить товар или вернуть деньги.
- Но помимо преимуществ существуют отрицательные стороны модели B2C, которые надо учитывать при работе интернет-проекта:
 - длительный срок доставки – часто это случается при работе с зарубежными продавцами, технических возможностей служб доставки и сезонности, некачественной логи-

стики;

- качество товара, не соответствует заявленным в интернет-проекте свойствам – при покупке недорогой продукции, повышен шанс того, что товар придет в дешевой упаковке и продукт может быть получен не в заявленном виде;

- фиктивные торговые площадки – при покупке на мало известной площадке, есть риск потерять деньги и не получить товар [4].

Для понимания процесса организации модели B2C на разных объектах и реализации в IT-проектах индивидуальных бизнес-процессов необходимо понимать разницу различных видов данной модели, которые реализуются в интернет-пространстве в качестве веб-витрин, интернет-магазинов, торговых интернет-систем (ТИС). Рассмотрим особенности этих видов, так как нюансы организации бизнес-процессов влияют на особенности разработки таких проектов.

Веб-витрина позволяет ознакомиться с характеристиками товаров, осуществить их выбор, и оформить заявку на покупку. Сравнительно недорогой вариант для предприятия и включает в себя минимальное присутствие бизнес-логики. Модель реализует не полный цикл торговых операций (может отсутствовать виртуальная корзина, оплата или доставка).

Интернет-магазин – модель, реализующая полный цикл торговых операций, по сути это сайт, который предоставляет возможность покупателям сформировать заказ в режиме онлайн, выбрать способ оплаты и доставки, а также провести платеж, посредством подключения платежных систем. Такой вариант эффективен для малого и среднего бизнеса. Для создания такого проекта можно воспользоваться в том числе типовыми шаблонными решениями.

Торговая интернет-система – как и интернет-магазин выполняет полный цикл торговых операций в ходе которых дает возможность покупателю, приобрести товар. Все операции такого проекта интегрируются с внутренней корпоративной системой автоматизации и работают на основе единой базы данных. Обычно такой вариант предпочитают предприятия с развитой IT-структурой [5].

Анализ рынка электронной-коммерции позволяет выявить возможные сочетания в применяемых моделях организации. Для правильного выбора модели электронного бизнеса предприятия, занимающегося закупкой или продажей товаров, можно предложить воспользоваться следующей таблицей.

Таблица 1
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Тип модели электронного бизнеса	Предприятие с собственным производством товаров (Опт и розница)	Предприятие с посреднической деятельностью (Опт и мелкий опт)	Магазин (розница)
Модель B2B	Используется	Используется	Не используется
Модель B2C	Используется, только в виде фирменного магазина	Используется	Используется
Модель B2B и B2C	Используется, только для сайта с фирменными товарами	Используется в виде модуля закупок и продаж	Не используется

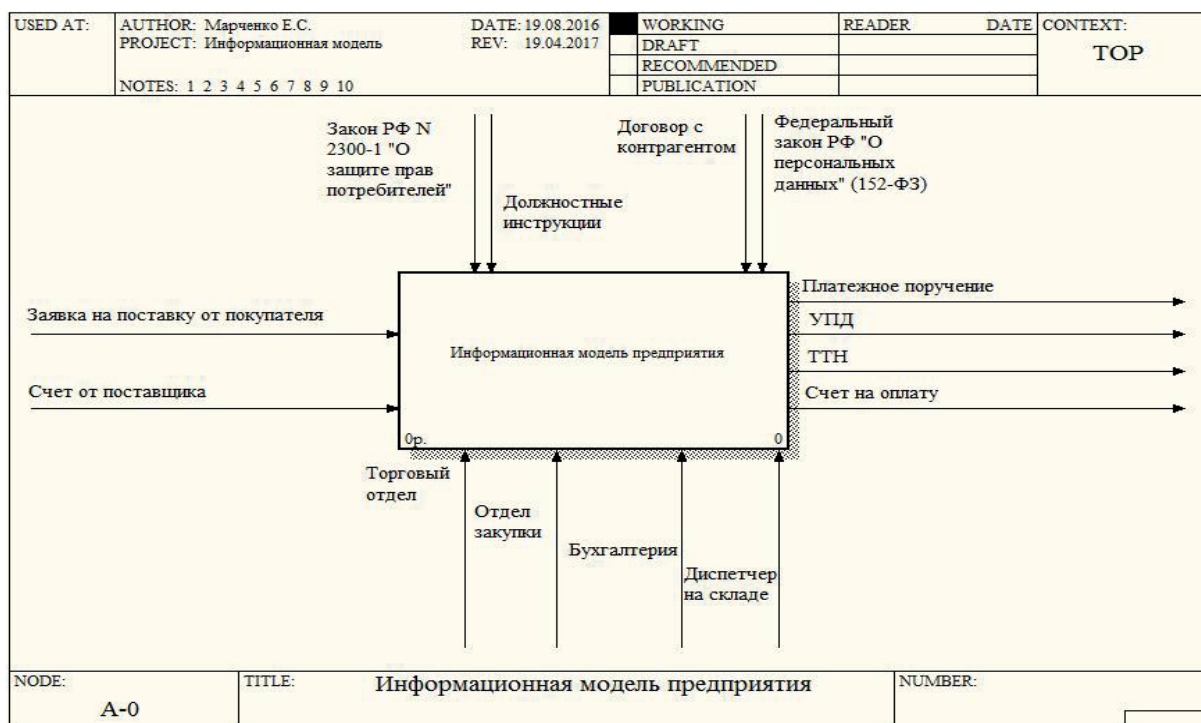


Рис. 2. Информационная модель предприятия ООО «Снабремонт»

ВЫБОР МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОННОГО БИЗНЕСА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕРНЕТ-ПРОЕКТА НА ПРИМЕРЕ ООО «СНАБРЕМОНТ»

Рассмотрим особенности выбора модели электронного бизнеса для ООО «Снабремонт» - предприятия, которое занимается оптовой торговлей лесоматериалами, строительными материалами и санитарно-техническим оборудованием. Бизнес-процессы данной компании нуждаются в автоматизации, так как на рабочих местах специалистов подразделений имеются рутинные процессы при работе с клиентами. Как показал анализ предметной области взаимодействие менеджерам компании с клиентами происходит посредством телефонных

звонков и заявок на электронную почту, отсутствует информационная среда, которая позволила бы получить своевременный доступ к информации о имеющихся товарных позициях.

Для анализа информационных потоков с помощью методологии IDEF0 в CASE-средстве моделирования ERwin Process Modeler была построена информационная модель, представленная на рисунке 2.

Согласно модели, был описан перечень входных и выходных документов, определен круг пользователей системы и нормативно-правовые документы, регулирующие работу существующей системы.

Проанализировав предметную область и существующие процессы обработки информации в работе предприятия при взаимодей-

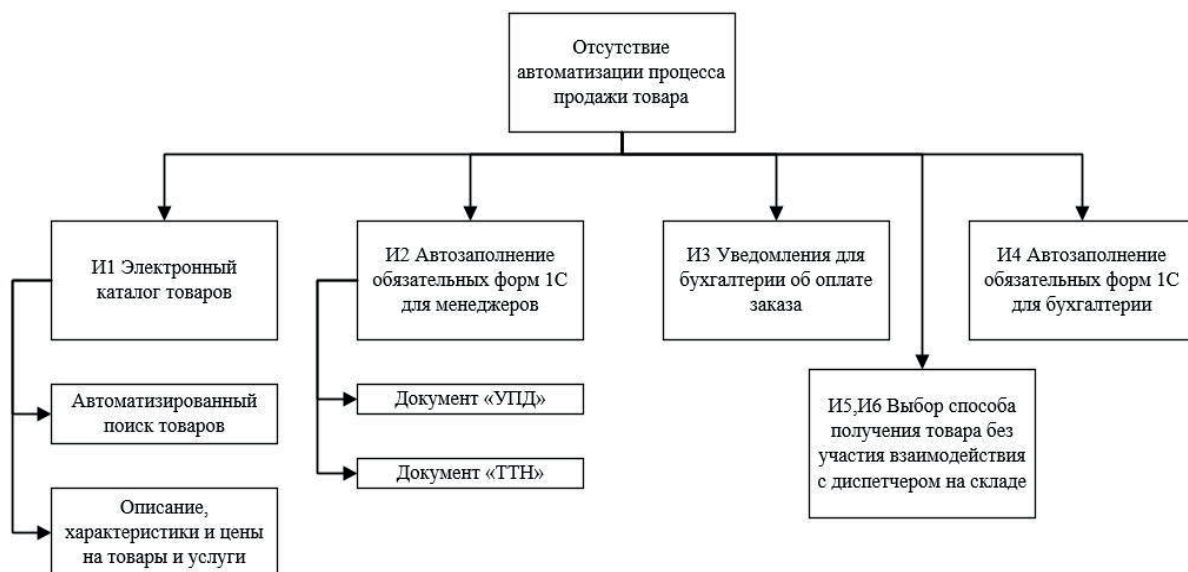


Рис. 3. Дерево проблем процесса организации взаимодействия с контрагентами ООО «Снабремонт»

ствии с клиентами, построено дерево проблем (рисунок 3), с помощью которого можно определить функциональную часть торговой интернет-системы требующей реализации.

Анализ проблем предметной области показал необходимость проектирования и разработки интернет-проекта, где в качестве оптимального решения могло быть создание торговой интернет-системы, на базе уже существующей системы автоматизации на платформе «1С: Предприятие». На рисунке 4 представлена концепция автоматизации бизнес-процессов в ООО «Снабремонт» на основе B2C модели в формате торговой интернет-системы.

Торговая интернет-система ООО «Снабремонт» решит множество проблем предприятия, но не принесет результатов если не удастся достичь соответствующих показателей при размещении и продвижении проекта. Конечный пользователь (заказчик, покупатель) не узнает о наличии данного интернет-проек-

та если не воспользоваться технологиями интернет-маркетинга для привлечения клиентов в торговую интернет-систему. В связи с этим необходимо детально проработать план мероприятий по продвижению в сети интернет. Рассмотрим существующие технологии для выполнения этой задачи.

Цифровой маркетинг – комплекс мер, направленных на продвижение сайта, товара или услуги в интернете. Эти меры преследуют следующие цели: повышение узнаваемости бренда, лояльности покупателей и, как следствие, увеличение эффективности бизнеса. Как и в других видах маркетинга, в интернете существуют основные компоненты:

- продукт или услуга, которые продвигаются на рынок;
- предложение – уникальная особенность товара, то, что отличает конкретный товар от конкурентов и является выгодой для конечного покупателя;
- целевая аудитория – те, кому адресова-



Рис. 4. Концепция проектирования ТИС для ООО «Снабремонт»

но предложение; это могут быть люди определенного региона, возраста, профессии или обладающие определенными интересами;

- конверсия – превращение посетителя ресурса в покупателя;

- продвижение – меры, которые используются для привлечения целевой аудитории и достижения максимальной конверсии.

Для эффективной работы рекламы в интернете, в первую очередь нужно понимать, какие способы продвижения бывают и чему уделить больше внимания при продвижении торговой интернет-системы.

Поисковая оптимизация (англ. search engine optimization, SEO) – комплекс мер, направленный на продвижение сайта в поисковых системах. Прежде всего это оптимизация сайта с технической стороны – корректировка структуры страниц, HTML-кода, переходов и контента. Само продвижение сайта заключается в наращивании внешней ссылочной массы и регулярном пересмотре ключевых слов, по которым проводится оптимизация. Говоря об эффективности, SEO не требует больших финансовых затрат, эффект дает стабильный, но для максимальной выгоды требуются определенные навыки в сфере маркетинга.

Контекстная реклама – форма целевой рекламы в интернете, при которой объявления показываются на веб-сайтах или других медийных ресурсах в соответствии с контекстом ресурса. Контекстная реклама отображается только тем посетителям интернет-ресурсов, чьи интересы потенциально совпадают или пересекаются с тематикой рекламируемого товара или услуги.

Для определения соответствия рекламного материала странице интернет-сайта обычно используется принцип ключевых слов. На ключевые слова ориентируются поисковые системы, поэтому контекстная реклама с большей вероятностью будет продемонстрирована потребителю, который использует сеть Интернет для поиска интересующей информации о товарах или услугах [7].

Ведущими провайдерами контекстной рекламы в России является компания Яндекс. Директ и Google Adwords, которая работает по всему миру. Обе эти компании работают по схеме «Pay-per-click» – это рекламная модель, в которой рекламодатель платит за нажатие пользователем на размещенную рекламу. Так же упомянутые компании предоставляют площадку для управления размещенной рекламой, а самое главное – инструменты для таргетирования рекламы любой аудитории.

Медийная реклама – это баннеры, тизеры, информеры и другой медийный контент, который размещается на различных площадках. Она, по большей части, имеет цель первичного информирования аудитории о предложении, формирования положительного мнения о компании и заинтересованности брендом. Однако, интерактивные баннеры вполне могут вести потенциальных клиентов на сайт или сразу на страницу с определенным товаром, «подталкивая» оформить заказ. Исходя из того, что медийная реклама это один из самых дорогих видов интернет-рекламы, он принесет наибольшую окупаемость в период самого высокого спроса или по случаю какой-либо акции.

Директ-маркетинг – это различные рассылки по электронной почте, содержащие адресное обращение к клиенту или определенный информационный повод. Например, информирование потенциальных и уже имеющих клиентов о новом товаре, выгодной акции или открытии торговой точки. Для применения директа можно использовать готовую клиентскую базу (которая собирается при помощи специальных CRM или просто формируется из зарегистрированных пользователей) или предлагать пользователям подписку на рассылку при заходе на сайт. Актуальность такой деятельности остается под вопросом, так как негативный эффект от спама, напротив, может оттолкнуть потенциальных клиентов.

PR-кампании – единственный метод, который можно назвать практически бесплатным. Он заключается в размещении статей, релизов, блогов на новостных и развлекательных площадках. При том, эффективнее добиваться бесплатного размещения, отдавая интересный информационный контент, без оплаты за размещение материала. Минимум, который даст такой способ в будущем – высокий имидж компании.

Вирусный маркетинг – способ, который подразумевает размещение в социальных сетях различных фото, видеороликов, историй, приложений и flash-игр, которые содержат не прямую рекламу, а лишь косвенно упоминают о продукте, товаре, услуге, компании, бренде и особенностях применения. В таком способе играет ключевую роль инновационность и возможность действительно заинтересовать аудиторию предложением. Вирусный маркетинг работает за счет массового охвата: пользователи сами будут размещать ссылку на ролик, фото или приложение, распространяя информацию среди своих друзей [8].

Таблица 2
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРНЕТ-РЕКЛАМЫ В МОДЕЛЯХ ЭЛЕКТРОННОЙ ТОРГОВЛИ

Виды интернет-рекламы	B2C-модель	B2B-модель
SEO-оптимизация	Необходима	Необходима
Медийная реклама	Нецелесообразна	В большинстве случаев
Контекстная реклама	Во всех случаях	Нецелесообразна
Директ-маркетинг	Не работает без имеющейся аудитории	Не работает без имеющейся аудитории
PR-кампании	В большинстве случаев	В очень редких случаях

Разобравшись, что такое цифровой маркетинг и какие бывают виды продвижения, необходимо выделить то, что будет наиболее эффективным в продвижении торговой интернет-системы предприятия. В таблице 2 представлена целесообразность использования того или иного вида интернет-рекламы для определенной модели электронного бизнеса.

Исходя из того, что для предприятия была выбрана модель B2C, основное внимание следует уделить таким видам рекламы, как контекстная и PR-кампании.

Директ-маркетинг не будет использоваться на первых этапах цифрового маркетинга, т.к. у компании отсутствует база розничных покупателей, по которой можно совершать рассылки. В рамках необходимой SEO-оптимизации для поднятия интернет-системы на высшие строчки в поисковых системах нужно использовать ключевые слова и подробное описание в HTML-коде каждой страницы системы. Так же важно использовать такие способы, как регистрация предприятия в справочных онлайн-системах (2ГИС, Яндекс.Каталог, Google Мой Бизнес) и создание страниц в социальных сетях. Говоря о социальных сетях, некоторые из них имеют так же свои методы рекламирования своих продуктов, создания рекламных объявлений и привлечения определенной аудитории.

Контекстная реклама вне социальных сетей так же должна стать основным способом продвижения предприятия. Рекламные объявления будут вести на сайт торговой системы или на страницы определенного товара, в зависимости от запросов пользователей, которые благодаря преимуществам ТИС будут превращаться в покупателей.

Такое явление, когда посетитель интернет-магазина переходит в категорию покупателя и совершает покупку, тем самым принося прибыль предприятию, называется конверсией. Увеличение конверсии – главная цель

представленных выше видов интернет-рекламы. Затраты на рекламу так же нивелируются благодаря увеличению клиентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При создании информационных проектов по внедрению в глобальную сеть Интернет индивидуально спроектированных и разработанных моделей электронного бизнеса для компаний важно понимать, что каждый такой проект требует индивидуального подхода. Уникальность проектов может дать хорошие результаты от реализации только в том случае если проектировщикам и программистам удастся детально проработать все бизнес-процессы, выявить при анализе предметной области все «узкие места» и воплотить их в виде функциональных задач в информационной системе с WEB-интерфейсом. В проекте для ООО «Снабремонт» модель B2C при продаже строительных материалов была предложена на реализацию в формате торговой интернет-системы, в которой были задействованы все имеющиеся информационные ресурсы, функционирующей на объекте платформы «1С: Предприятие». Добиться этого удалось через интеграцию двух приложений. Работа над интернет-проектом будет неполной если не проработать мероприятия интернет-маркетинга, успешный выбор форматов цифрового маркетинга может решить «судьбу» разработанного и внедренного интернет-проекта, приведет к росту уровня конверсии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Остринская, Л.И. Информационная поддержка малого и среднего бизнеса по созданию инвестиционных проектов / Л.И. Остринская, К.В. Колосова // Инновационное развитие информационно-коммуникационных технологий: матер. регион. межвуз. семинара кафедр Сибирского региона. – 2011. - С. 32-37.

2. Chaffey, D. E-business and E-commerce Management: Strategy, Implementation, and Practice / D. Chaffey // Prentice Hall – 2011. – 798 p.
3. Остринская, Л.И. Основы электронного бизнеса : учеб. пособие / Л.И. Остринская, Т.Б. Дороболук. Изд-во: СибАДИ. – Омск, 2006. – 195 с.
4. Сайт о заработке в интернете [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zarablegko.ru/zarabotok-na-saite/svoj-internet-magazin/>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Ultersuite [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ultersuite.ru/articles/shopmake/>, свободный. – Загл. с экрана.
6. О персональных данных: федер. закон от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ [Электронный ресурс] // Гарант-Максимум с региональным законодательством / НПП Гарант-Сервис. – М., 2002 – Режим доступа: <http://garant.ru/42538/>, свободный
7. Web-технологии [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://htmlweb.ru/analiz/seo/kontekst_reklama.php <http://zarablegko.ru/zarabotok-na-saite/svoj-internet-magazin/>, свободный. – Загл. с экрана.
8. PR-CY [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pr-cy.ru/lib/reklama/Internet-marketing/>, свободный. – Загл. с экрана.
9. Остринская, Л. И. Социально-экономические проблемы развития электронной коммерции в Омском регионе / Л. И. Остринская, Е. А. Исаков // Дорожно-транспортный комплекс, экономика, экология, строительство и архитектура. Материалы международной научно-практической конференции 21-23 мая 2003 года в 3 кн / СибАДИ, Universitat Dresden . - Омск, 2003. - Кн. 3. - С. 212-214 .

DESIGN FEATURES OF INTERNET PROJECTS FOR SALES AND PROMOTION ON BUILDING MATERIALS MARKET

E.S. Marchenko, O.S. Safin, L.I. Ostrinskaya

Abstract. Nowadays there is a need in automating the process of interaction of the organization with the consumer. Internet space allows attaining good results applying different e-commerce models, the correct choice of model and the way of realization will lead to good indexes in the end. It's important to remember, that e-commerce project lifecycle unites not only activities for designing and integration existing systems, but also different techniques of digital marketing, that optimize promotion goods on the market. Design features of internet projects examined by the example of the real company.

Keywords: E-business, Internet-project designing, trading internet-system, building materials, digital marketing.

REFERENCES

1. Ostrinskaja, L.I., Kolosova, K.V. Informacionnaja podderzhka malogo i srednego biznesa po sozdaniyu investicionnyh proektov [Informational support of small and medium-sized businesses for the creation of investment projects]. Materialy regional'nogo mezhhuzovskogo seminarafedra Sibirskogo regiona «Innovacionnoe razvitie informacionno-kommunikacionnyh tehnologij» [Materials of the regional interuniversity seminar of departments of the Siberian region « Innovative Development of Information and Communication Technologies»]. 2011, pp. 32-37.
2. Chaffey, D. E-business and E-commerce Management: Strategy, Implementation, and Practice, Prentice Hall, 2011, 798 p.
3. Ostrinskaja, L.I., Doroboljuk, T.B. Osnovy jelektronnogo biznesa [Fundamentals of electronic business]. Publishing house, SibADI, Omsk, 2006, 195 p.
4. Sajt o zarabotke v internete [Website about earnings on the Internet]. Available at: <http://zarablegko.ru/zarabotok-na-saite/svoj-internet-magazin/>
5. Ultersuite. Available at: <http://www.ultersuite.ru/articles/shopmake/>
6. Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 27 ijulja 2006 g. № 152-FZ «O promyshlennoj politike v Rossijskoj Federacii» [On Industrial Policy in the Russian Federation of July 27, 2006, No. 152-FZ « About personal data »]. Access mode: <http://garant.ru/42538/>
7. Web-technologies. Available at: https://htmlweb.ru/analiz/seo/kontekst_reklama.php <http://zarablegko.ru/zarabotok-na-saite/svoj-internet-magazin/>
8. PR-CY. Available at: <http://pr-cy.ru/lib/reklama/Internet-marketing/>
9. Ostrinskaja, L.I., Isakov E.A. Social'no-jeekonomicheskie problemy razvitija jelektronnoj

kommercii v Omskom regione [Socio-economic problems of the development of electronic commerce in the Omsk region]. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii «Dorozhno-transportnyj kompleks, jekonomika, jekologija, stroitel'stvo i arhitektura» [Materials of the International Scientific and Practical Conference «Road-transport complex, economy, ecology, construction and architecture»]. Omsk, 2003, no. 3, pp. 212-214.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Марченко Елена Сергеевна (Россия, г. Омск) – студентка ПИБ-13И1 ФГБОУ ВО Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (644080, г.Омск, пр. Мира, 5, e-mail: painkiller.28@mail.ru).

Marchenko Elena Sergeevna (Russian Federation, Omsk) – student PIB-13I1 FGBOU VO Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: painkiller.28@mail.ru).

Сафин Олег Сергеевич (Россия, г. Омск) – студент ПИБ-13И1 ФГБОУ ВО Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (644080, г.Омск, пр. Мира, 5, e-mail: osafin@crystalnix.com).

Safin Oleg Sergeevich (Russian Federation, Omsk) – student PIB-13I1 FGBOU VO Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: osafin@crystalnix.com).

Остринская Любовь Ивановна (Россия, г. Омск) – заведующий кафедрой «Прикладная информатика в экономике», ФГБОУ ВО Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (644080, г.Омск, пр. Мира, 5, e-mail: l_i_romanova@mail.ru)

Ostrinskaya Lyubov Ivanovna (Russian Federation, Omsk) – Head of the Department “Applied Informatics in Economics”, FGBOU VO Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: l_i_romanova@mail.ru)



РАЗДЕЛ V. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 330.46

СФЕРА ИННОВАЦИОННЫХ УСЛУГ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ДРУГИЕ СФЕРЫ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

О.М. Куликова¹, И.Е. Рыбальченко²

¹ ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

² ФГБОУ ВО Астраханский государственный медицинский университет
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Астрахань, Россия

Аннотация. Статья посвящена решению задачи выявления взаимосвязей между сферой инновационных услуг и другими сферами инновационной экономической деятельности в РФ с применением технологий интеллектуального анализа данных. Исследование проводилось по данным Росстата за период 2009-2015 гг. В результате проведенного анализа выявлено, что сфера инновационных услуг локальна и не влияет на другие инновационные сферы экономической деятельности за исключением деятельности, связанной с созданием и использованием баз данных и интернет-ресурсов. Это не позволяет использовать потенциал данной сферы для развития отечественной экономики.

Ключевые слова: Сферы инновационной экономической деятельности, сфера инновационных услуг, интеллектуальный анализ данных.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время становятся актуальными вопросы развития сферы инновационных услуг в России. Это обусловлено активным внедрением био-, нано-, когнитивных технологий в производство и формированием шестого технологического уклада. Это способствует росту энтропии, усилению синергетического эффекта в экономике, формированию самоорганизующихся кластерных структур, что ведет к повышению турбулентности внешней экономической среды, в которой осуществляют деятельность коммерческие и некоммерческие организации [4, 5, 6, 11, 8, 13]. Изменяются требования к показателям создаваемой продукции, к ее качеству, становятся актуальными в отечественной экономике вопросы импортозамещения [12, 14].

Анализ развития экономик различных стран позволяет сделать вывод, что увеличение объемов оказываемых услуг, в том числе инновационных, способствует не только улучшению уровня жизни населения, сохранению

здоровья нации, но и формирует платформу для интенсивного развития производственной сферы, следовательно, и укрепления экономической устойчивости и безопасности [3, 2, 8, 13, 2].

В Российской Федерации в последние годы преобладающей является сфера инновационного промышленного производства относительно сферы инновационных услуг. На рис. 1 приведена диаграмма размаха для показателя «Объем инновационных товаров, работ, услуг, тыс. руб.» для сфер инновационного промышленного производства и инновационных услуг за период 2009-2015 гг. [7]. Среднее значение данного показателя за исследуемый период для сферы инновационных услуг равен 580,78 млн. руб. в год, для сферы инновационного промышленного производства – $2,25 \cdot 10^6$ млн. руб. в год.

Анализ рис. 1 позволяет сделать вывод, что сфера инновационных услуг по сравнению со сферой инновационного производства в Российской Федерации в недостаточной степени развита, это актуализирует задачи разработки

современных методов и технологий управления данной сферой [7, 13, 3, 8].

Поскольку в современной экономике усиливаются самоорганизующиеся процессы и синергетические эффекты, то для разработки инструментов управления сферой инновационных услуг в Российской Федерации, позволяющих эффективно решать задачи ее развития, и, следовательно, формирования экономического потенциала нашей страны, необходимо выявить взаимосвязи данной сферы и других сфер инновационной экономической деятельности. Для решения поставленной задачи необходимо применение методов интеллектуального анализа данных, позволяющих решать задачи выявления закономерностей и прогнозирования в условиях высокой неопределенности [1, 9,10].

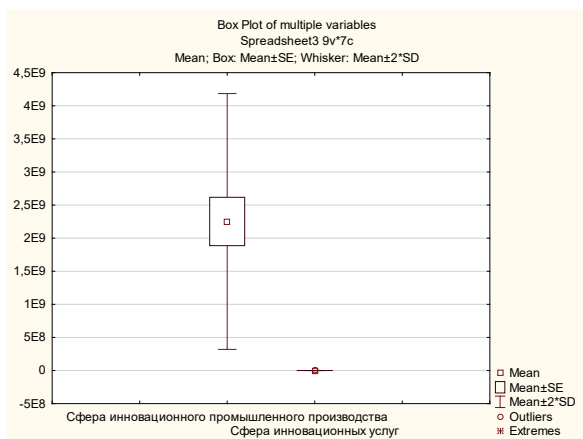


Рис. 1. Диаграмма размаха для показателя «Объем инновационных товаров, работ, услуг, тыс. руб.» за период 2009-2015 гг. для сферы инновационного промышленного производства и для сферы инновационных услуг

На основании вышесказанного сформулированы цель и план исследования.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выявить взаимосвязи между сферой инновационных услуг и другими сферами инновационной экономической деятельности в Российской Федерации с применением технологий интеллектуального анализа данных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось по данным Росстата для Российской Федерации за период 2009-2015 гг. [7]. Использован показатель «Объем инновационных товаров, работ, услуг», определяющий объем отгруженных ин-

новационных товаров, работ, услуг и включающий продукцию, произведенную в отчетном году на основе разного рода технологических инноваций, по следующим видам инновационной экономической деятельности:

- Предоставление различных видов инновационных услуг;
- Инновационное промышленное производство (сумма);
- Высокотехнологичные виды экономической деятельности;
- Деятельность по созданию и использованию баз данных и информационных ресурсов, в том числе ресурсов сети Интернет;
- Научные исследования и разработки;
- Проведение расследований и обеспечение безопасности;
- Связь.

Поскольку статистические данные содержат пропуски и зашумлены, то на стадии предварительного анализа использованы методы парциальной обработки данных и ретроспективное прогнозирование. Расчеты проводились в демоверсии программы Deductor Studio 5.3 [1].

Для выявления взаимосвязей между видами инновационной экономической деятельности использован кросскорреляционный анализ. Расчеты проводились в программе Statistica 6.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 2 приведены динамика изменения показателя, задающего объем создаваемых инновационных товаров, работ, услуг в исследуемых сферах инновационной экономической деятельности за период 2009-2015 гг.

Исследуемые сферы инновационной экономической деятельности за исключением сфер, связанных с деятельностью по созданию и использованию баз данных и информационных ресурсов, в том числе ресурсов сети Интернет, оказанием инновационных услуг, проведением расследований и обеспечением безопасности, имеют тенденцию постепенного роста. Сфера инновационных услуг в отличие от других исследуемых сфер инновационной экономической деятельности не только имеет отрицательный тренд, но и крайне неустойчива в своем развитии: в 2011 году объем оказанных услуг составлял 463 млн. руб., в 2012 году – 16,11 млн. руб., в 2015 году – 785, 60 млн. руб.

На рис. 3 приведены результаты кросс-

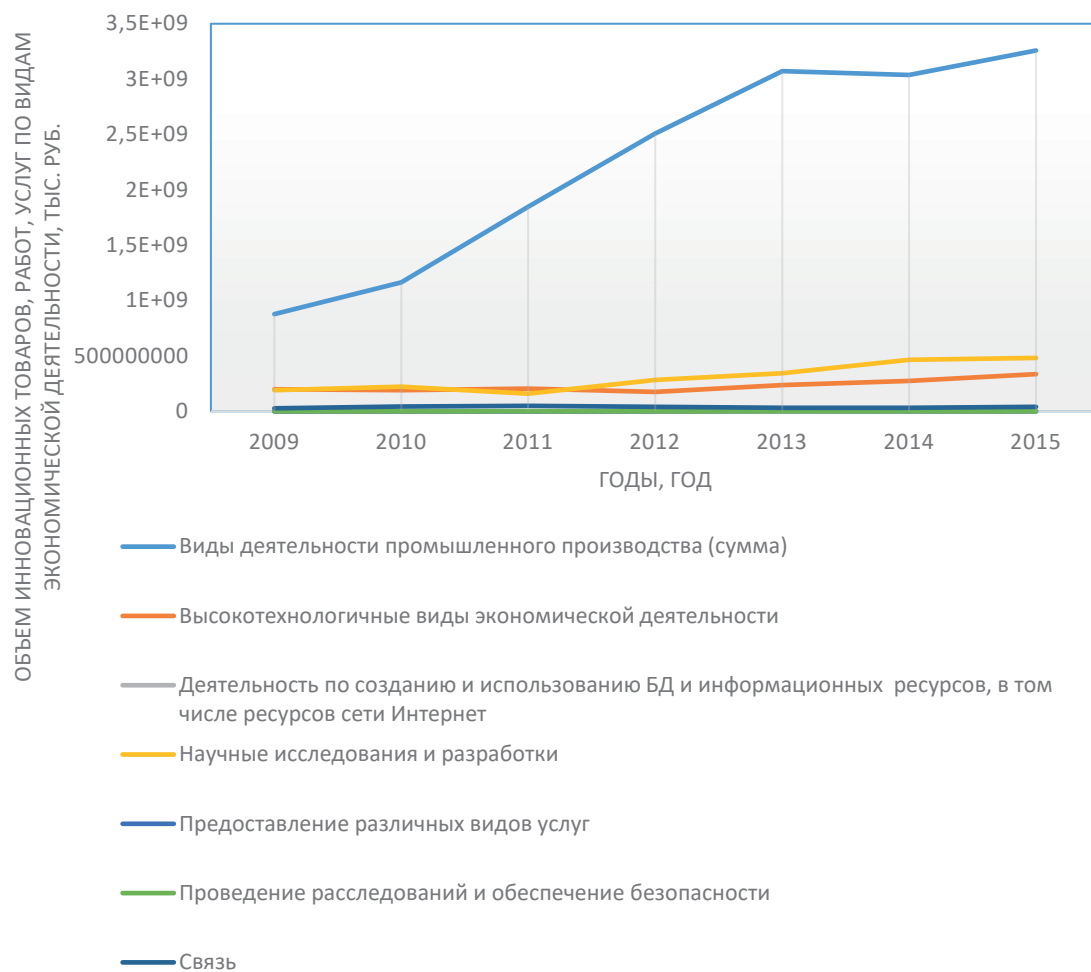


Рис. 2. Объем создаваемых инновационных товаров, работ, услуг в исследуемых сферах инновационной экономической деятельности за период 2009-2015 гг.

реляционного анализа для исследуемых сфер инновационной экономической деятельности в РФ.

На основании проведенного кросскорреляционного анализа сделаны следующие выводы.

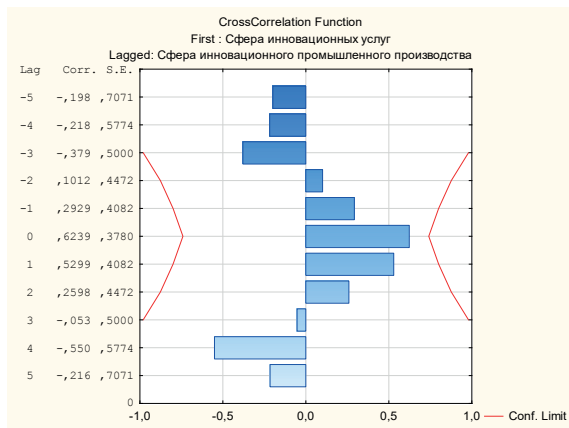
1. Сфера инновационных услуг в Российской Федерации является локальной сферой, не зависящей от других видов инновационной экономической деятельности, и в тоже время не влияющая на них (рис. 3).

2. Исключением является инновационная экономическая деятельность, связанная с деятельностью по созданию и использованию баз данных и информационных ресурсов, в том числе ресурсов сети Интернет. Сфера инновационных услуг имеет положительную значимую связь с данным видом инновационной экономической деятельности на лаге 0, то есть увеличение объема оказываемых инновационных услуг без эффекта запаздыва-

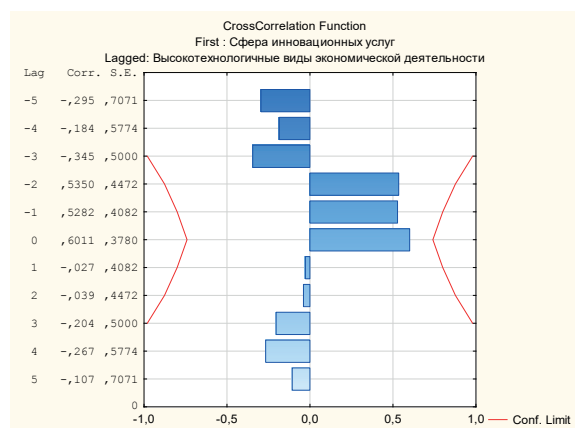
ния ведет к увеличению объема выполненных работ и создаваемой продукции, связанной с созданием, использованием баз данных и информационных ресурсов, в том числе ресурсов сети Интернет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

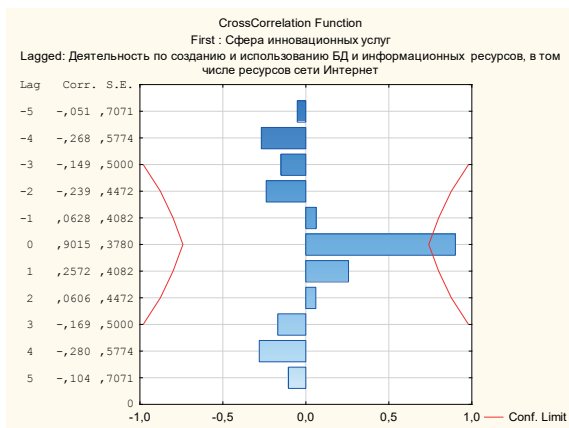
Сфера инновационных услуг – это один из основных механизмов формирования экономического потенциала развитых стран и повышения уровня жизни их населения. В Российской Федерации сфера инновационных услуг незначительна, в значительной степени подвержена изменениям, и в тоже время не независима от других сфер инновационной экономической деятельности. С применением кросскорреляционного анализа выявлена только значимая положительная связь сферы инновационных услуг с инновационной деятельностью, в результате которой выполня-



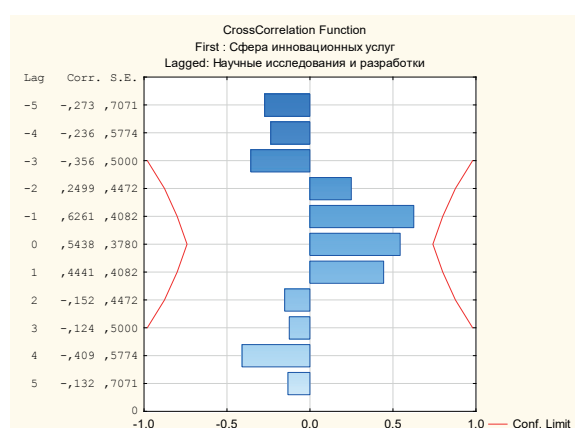
а)



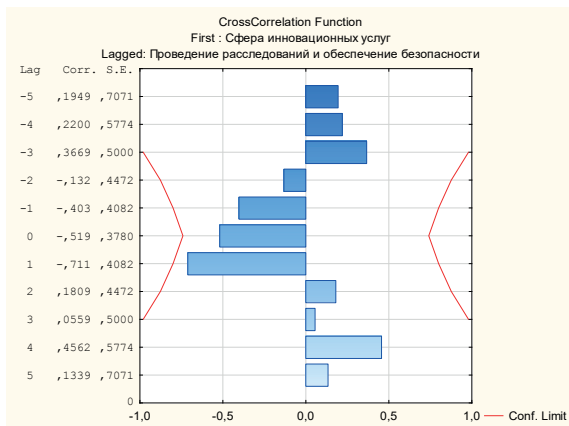
б)



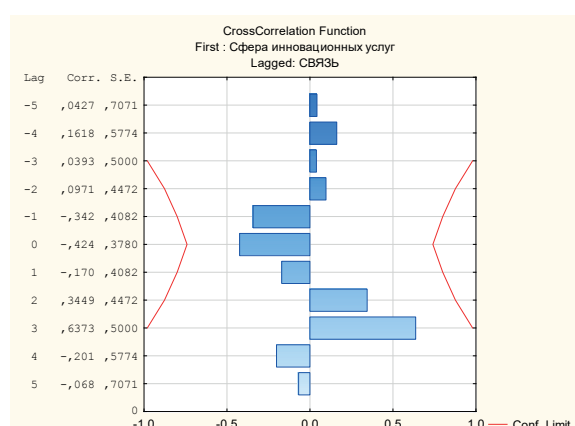
в)



г)



д)



е)

*Рис. 3. Кросскорреляционные функции для сфер инновационной экономической деятельности
а) сфера инновационных услуг и сфера инновационного промышленного производства;
б) сфера инновационных услуг и высокотехнологичные виды экономической деятельности;
в) сфера инновационных услуг и деятельность по созданию и использованию баз данных и информационных ресурсов, в том числе ресурсов сети Интернет;
г) сфера инновационных услуг и научные исследования и разработки;
д) сфера инновационных услуг и проведение расследований и обеспечение безопасности;
е) сфера инновационных услуг и связь.*

ются работы по созданию и использованию баз данных и информационных ресурсов, в том числе ресурсов Интернет. Следовательно, сфера инновационных услуг в РФ не в достаточной степени развита, не обладает достаточными ресурсами и механизмами формирования синергетического эффекта в отечественной экономике, необходимых для создания подрывных инноваций в других сферах инновационной экономической деятельности. Все это актуализирует вопросы создания новых механизмов управления сферой инновационных услуг, способствующих усилению экономического потенциала нашей страны и улучшению качества жизни населения в ней.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. BaseGroup Labs. Технологии анализа данных [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://basegroup.ru/deductor> (дата обращения: 17.03.17).
2. Архипова М.Ю. Моделирование спроса на инновационные продукты и услуги предприятия / М.Ю. Архипова, К.В. Архипов // Дружковский вестник. - 2016. - № 3 (11). - С. 7-15.
3. Блинова М.Г. О необходимости применения инновационных механизмов и технологий предоставления социальных услуг населению в современной России / М.Г. Блинова, Л.Н. Шипунова // Электронное приложение к Российскому юридическому журналу. 2012. Т. 11. - № 3. - С. 39-41.
4. Боуш Г.Д. Идентификация и описание кластеров предприятий с применением категориальной модели «конечный информационный поток» / Г.Д. Боуш // Вестник Томского государственного университета. - 2010. - № 337. - С. 129-134.
5. Боуш Г.Д. Новый взгляд на онтологию кластеров / Г.Д. Боуш // Экономическая наука современной России. - 2011. - № 1. - С. 49-59.
6. Боуш Г.Д. Агентное моделирование процессов кластерообразования в региональных экономических системах / Г.Д. Боуш, О.М. Куликова, И.К. Шелков // Экономика региона. - 2016. - Т. 12. - № 1. - С. 64-77.
7. ЕМИСС. Государственная статистика [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 17.03.17).
8. Камко Ю.А. Управление проектами в производственной сфере / Ю.А. Камко // Альманах современной науки и образования. - 2012. - № 8. - С. 64-66.
9. Куликова О.М. Прогнозирование онкологической заболеваемости в регионах Российской Федерации / О.М. Куликова, Т.М. Любошенко, А.А. Фоменко // Современные проблемы науки и образования. - 2012. - № 3. - С. 25.
10. Куликова О.М. Имитационное моделирование деятельности медицинских учреждений на примере Омска / О.М. Куликова, Н.В. Овсянников, В.А. Ляпин // Наука о человеке: гуманитарные исследования. - 2014. - № 4 (18). - С. 219-225.
11. Назаров П.В. Развитие туристско-рекреационных кластеров как основа формирования эффективных брендов курортных регионов России / П.В. Назаров, М.В. Сигова, Е.П. Шевченко // Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук. - 2014. - № 1 (18). - С. 80-84.
12. Третьяк В.В. Методические подходы к реализации стратегии импортозамещения в России / В.В. Третьяк, И.А. Круглова, М.В. Сигова // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. - 2016. - № 1. - С. 12-16.
13. Тультаев Т.А. Современные тенденции развития рынка услуг и его принципиальные отличия от сферы материального производства / Т.А. Тультаев // Статистика и Экономика. - 2011. - № 1. - С. 124-127.
14. Хаирова С.М. Анализ динамики качества непродовольственных товаров, реализуемых на российском рынке / С.М. Хаирова, Н.Б. Пильник // Фундаментальные исследования. - 2016. - № 5-2. - С. 428-432.

SPHERE OF INNOVATIVE SERVICES AND ITS IMPACT ON OTHER SPHERES INNOVATIVE ECONOMIC ACTIVITIES IN THE RUSSIAN FEDERATION

O.M. Kulikova, I.E. Rybalchenko

Abstract. *The aim of the research is to reveal the interrelations between the sphere of innovative services and other spheres of innovative economic activity in the Russian Federation using the technologies of intellectual data analysis. Research methods: partial data processing, retrospective forecasting, cross-correlation analysis. Materials of the study. The study was conducted according to Rosstat data for*

the period 2009-2015. On the following types of innovative economic activity: the provision of various types of innovative services; Innovative industrial production (amount); High-technology economic activities; Activities on the creation and use of databases and information resources, including Internet resources; Research and development; Investigation and security; Communication. Results of the study. With the use of cross-correlation analysis it was revealed that the sphere of innovative services is local, independent of other spheres of innovative economic activity, and is interconnected only with innovative economic activity aimed at the creation and use of databases and resources, including Internet resources. Conclusions. The sphere of innovative services in the Russian Federation is not sufficiently developed, does not have sufficient resources to create a synergistic effect in the economy, and is not capable of creating subversive innovations in other areas of innovative economic activity. All this requires the development of new mechanisms for managing this area.

Keywords: Spheres of innovative economic activity, the sphere of innovative services, intellectual analysis of data.

REFERENCES

1. BaseGroup Labs. Tehnologii analiza dannyh [BaseGroup Labs. Data Analysis Technologies]. Mode of access: <https://basegroup.ru/deductor> (data obrashhenia: 17.03.17).
2. Arhipova M.Ju., Arhipov K.V. Modelirovanie sprosa na innovacionnye produkty i uslugi predpriyatija [Demand modeling for innovative products and services of the enterprise]. Drukerovskij vestnik, 2016, no 3 (11), pp. 7-15.
3. Blinova M.G., Shipunova L.N. O neobходимosti primeneniya innovacionnyh mehanizmov i tehnologij predostavlenija social'nyh uslug nasele-niju v sovremennoj Rossii [On the need to use innovative mechanisms and technologies to provide social services to the population in modern Russia]. Jelektronnoe prilozhenie k Rossijskomu juridicheskomu zhurnalu, 2012, V. 11, no 3, pp. 39-41.
4. Boush G.D. Identifikacija i opisanie klasterov predpriyatij s primeneniem kategorial'noj modeli «konechnyj informacionnyj potok» [Identification and description of clusters of enterprises using categorical models "end flow of information"]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2010, no 337, pp. 129-134.
5. Boush G.D. Novyj vzgljad na ontologiju klasterov [A new look at the ontology of clusters]. Jekonomicheskaja nauka sovremennoj Rossii, 2011, no 1, pp. 49-59.
6. Boush G.D., Kulikova O.M., Shelkov I.K. Agentnoe modelirovanie processov klasteroobrazovaniya v regional'nyh jekonomicheskijh sistemah [Agent modeling of clustering processes in regional economic systems]. Jekonomika regiona, 2016, V. 12, no 1, pp. 64-77.
7. Edinaja mezhvedomstvennaja informacionno-statisticheskaja sistema [Unified interdepartmental information and statistical system]. Mode of access: <http://www.fedstat.ru/indicators/start.do> (data obrashhenia: 17.03.17).
8. Kamko Ju.A. Upravlenie proektami v proizvodstvennoj sfere [Project management in the production sphere]. Al'manah sovremennoj nauki i obrazovanija, 2012, no 8, pp. 64-66.
9. Kulikova O.M., Ljuboshenko T.M., Fomenko A.A. Prognozirovanie onkologicheskoi zabolevaemosti v regionah Rossijskoj Federacii [Forecasting of cancer morbidity in the regions of the Russian Federation]. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija, 2012, no 3, pp. 25.
10. Kulikova O.M., Ovsjannikov V.N., Ljapin V.A. Imitacionnoe modelirovanie dejatel'nosti medicinskih uchrezhdenij na primere Omska [Simulation of medical institutions on an example of Omsk]. Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovanija. 2014, no 4 (18), pp. 219-225.
11. Nazarov P.V., Sigova M.V., Shevchenko E.P. Razvitie turistsko-rekreacionnyh klasterov kak osnova formirovaniya jeffektivnyh brendov kurortnyh regionov Rossii [Development of tourist-recreational clusters as a basis for the formation of effective brands of resort regions of Russia]. Vestnik obrazovanija i razvitija nauki Rossijskoj akademii estestvennyh nauk, 2014, no 1 (18), pp. 80-84.
12. Tret'jak V.V., Kruglova I.A., Sigova M.V. Metodicheskie podhody k realizacii strategii importozameshhenija v Rossii [Methodical approaches to implementation of import substitution strategy in Russia]. Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo jekonomicheskogo universiteta, 2016, no 1, pp. 12-16.
13. Tul'taev T.A. Sovremennye tendencii razvitija rynka uslug i ego principial'nye otlichija ot sfery material'nogo proizvodstva [Modern trends in the development of the services market and its fundamental differences from the sphere of material production]. Statistika i Jekonomika, 2011, no 1, pp. 124-127.
14. Hairnova S. M., Pil'nik N. B. Analiz dinamiki kachestva neprodovol'stvennyh tovarov, re-

шения о муниципально-частном партнерстве, заключенных в соответствии с настоящим Федеральным законом в целях привлечения в экономику частных инвестиций, обеспечения органами государственной власти и органами местного самоуправления доступности товаров, работ, услуг и повышения их качества».

Сам термин является дословным переводом английского термина «public-private partnership», и повсеместно употребляется в странах Западной Европы и ряда других развитых стран уже длительное время. Среди публикаций финансовых и иных международных организаций наиболее общая трактовка дается Международным валютным фондом, по которому термин государственно-частного партнерства относят к соглашениям, в рамках которых частный бизнес обеспечивает инфраструктурные проекты и услуги, которые, как правило, обеспечиваются государством.

Как правило, большинство экспертов сходятся на том, что государственно-частное партнерство подразумевает под собой юридически оформленное взаимодействие государства и частного сектора по выполнению крупномасштабных проектов. В роли инициатора, как правило, выступает та или иная государственная структура на федеральном или муниципальном уровне, привлекающая финансовые, трудовые либо интеллектуальные ресурсы частного сектора для создания или управления уже существующим и находящимся в государственной собственности объекта.

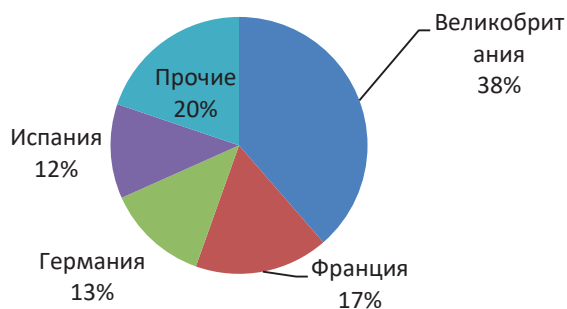


Рис. 1 – Доли масштабных соглашений в области ГЧП в ЕС за 2002-2012 гг.

Обращаясь к опыту развитых стран, можно изучить ряд других определений. Например, в Великобритании ГЧП определяют как ключевой инструмент правительственной стратегии обеспечения современного обслуживания экономики и потребностей населения, обладающего высоким качеством, и один из основных

рычагов повышения конкурентоспособности страны. В Великобритании за последние 20-25 лет идея такого партнерства обрела вполне реальные очертания, и, более того, по данным Европейского банка развития, 44 крупномасштабные сделки в области ГЧП из 112 в целом по ЕС были совершены именно там [1]. Объем рынка государственно-частного партнерства за последние 10 лет (2002–2012 гг.) составил 24 млрд фунтов стерлингов. На рисунке 1 показаны позиции Великобритании по отношению к другим странам ЕС с точки зрения активности в области ГЧП.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В РОССИИ

Успешность государственно-частного партнерства в странах Запада привело к обсуждению в научных кругах и на государственном уровне идеи заимствования зарубежного опыта в области ГЧП. По мнению многих видных ученых и политиков, ГЧП может способствовать не только разрешению ряда накопившихся еще с советских времен проблем в различных областях экономики и социальной сферы, но и стать потенциальной точкой роста для развития конкурентных преимуществ российской экономики.

Необходимо отметить, что направления развития ГЧП применительно к сферам экономики неравнозначны, к числу наиболее востребованных направлений можно отнести кооперацию в области здравоохранения, транспортной инфраструктуры, образования. В зависимости от уровня социально-экономического развития страны приоритеты по сферам реализации ГЧП будут существенно варьироваться. Так, рассматривая общую картину в странах «Большой семерки» (США, Великобритания, Германия, Италия, Канада, Франция, Япония), можно определить, что проекты транспортной инфраструктуры стоят лишь на третьем месте по общему количеству проектов. На первом месте в таких странах стоит здравоохранение (184 проекта, или порядка 30 % от их общего количества), на втором месте – проекты образования (138 проектов – около 22,5 %), третье место – автомобильные трассы (свыше 90 проектов – примерно 15,0%) [2].

По данным Европейского банка развития, для стран с развивающейся экономикой, доля проектов, ориентированных на развитие рынка транспортно-логистических услуг, может до-

стигать 45 % [2]. В России же, область транспортной инфраструктуры пока является менее востребованной с точки зрения общего числа проектов для частного сектора экономики. Так, по данным Министерства экономического развития [4], из 873 малых и крупных проектов на уровнях от муниципального до федерального, принятых к рассмотрению и дальнейшей реализации, лишь 47 относятся к транспортному комплексу, то есть не более 5%. В целом, по данным Центра развития ГЧП, распределение проектов по сферам деятельности выглядит следующим образом (рисунок 2) [3].



Рис. 2. Распределение проектов в области ГЧП по сферам экономики

Можно с уверенностью утверждать, что рынок ГЧП в нашей стране продолжает свое развитие, даже несмотря на кризис. По данным Минэкономразвития, в 2013 год стадию коммерческого закрытия миновало всего 86 проектов, в то время как уже в 2015 году – уже 873 [2].

По данным Торгово-промышленной Палаты РФ, несмотря на небольшое количество проектов в данной сфере, именно транспорт является наиболее крупным с финансовой точки зрения направлением ГЧП – объем

частных инвестиций достиг 630 млрд. рублей к концу 2016 года [4]. На рисунке 3 приведено распределение инвестиций по основным сферам ГЧП в России, и количество проектов в каждой области.

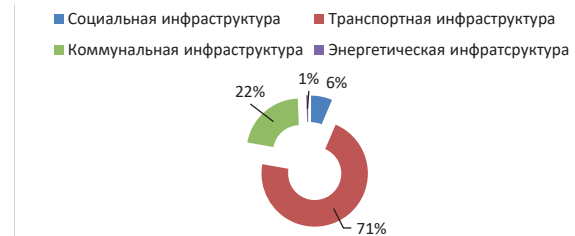


Рис. 3 – Распределение частных инвестиций в проекты государственно-частного партнерства

В условиях российской экономики, перманентно страдающей от недостатка инвестиций и тяжелого состоянии инфраструктуры, полученной в наследство от СССР, сама идея государственно-частного партнерства выглядит вполне привлекательно.

К числу преимуществ государственно-частной кооперации для субъектов ряд исследователей относят следующие пункты, разделяя их на выгоды для государства и выгоды для собственно частного бизнеса [5]. Эти данные сведены в таблицу 1.

По данным министерства транспорта, доля инвестиций в отрасль транспорта весьма мала (с 2013 по 2020 год около 200 млрд. долларов) [6], в то время как в странах Запада и Китае данный показатель превышает российский минимум в 2 раза (Китай только в 2016 году вложил в транспортную инфраструктуру 413

Таблица 1

ПРЕИМУЩЕСТВА ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА ДЛЯ СУБЪЕКТОВ

Государство (включая органы власти федерального и муниципального уровня)	Частный бизнес
Экономия затрат на реализацию проекта за счет привлечения частных инвестиций	Возможность выйти на рынок, традиционно являющийся государственной монополией
Высокий уровень качества проекта вследствие заинтересованности исполнителя в дальнейшей эффективной эксплуатации	Ускоренное разрешение формальностей, возможность избежать излишней бюрократической волокиты
Ускорение темпов реализации социально значимых проектов	Долгосрочные гарантии государства
Привлечение технологий и опытных специалистов, в том числе из западных стран	Возможность получить налоговые льготы и режим «наибольшего благоприятствования» в рамках территории опережающего развития
Совместное разделение рисков	Совместное разделение рисков

млрд. долларов) [7]. Стратегическая программа и реальный бюджет государства приводят совершенно разные цифры, согласно которым в бюджете нет и половины тех средств, в которых существует потребность для нормального функционирования транспортной инфраструктуры. На рисунке 4 показаны инвестиции в транспортную инфраструктуру, выраженные в долях от ВВП, для ряда крупнейших стран мира [8].

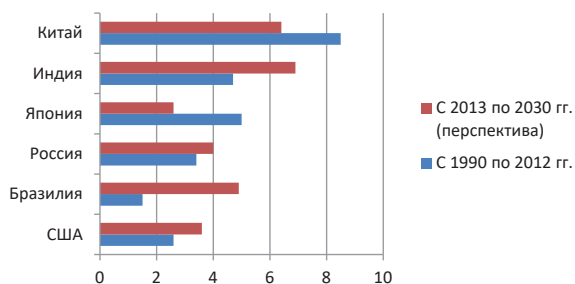


Рис. 4. Существовавшие и перспективные инвестиции в транспортную инфраструктуру, доля от ВВП

Из приведенных данных видно, что относительно стран с развитой инфраструктурой, например США, финансирование логистических проектов сопоставимо в относительных величинах. Однако корректнее будет сравнение с динамикой и темпами развивающихся стран, таких как Индия и Китай, уровень развития транспорта в которых находится, или, по крайней мере, находился еще пару лет назад, на сопоставимом уровне. При таком подходе сразу становится очевидным потенциально сильнейшее отставание России в вопросе развития транспортно-логистических инфраструктурных проектов.

Учитывая масштабность целей, поставленных в программе развития транспорта России до 2030 года [9], обойтись без привлечения ГЧП в данном секторе экономики невозможно. По словам главы министерства транспорта Максима Соколова, реализация стратегии требует до 20 млрд. долларов ежегодно. Таких крупных финансовых средств в бюджете нет, сказывается кризис российской экономики. Поэтому актуальность ускоренного развития кооперации частного бизнеса и власти в вопросах транспортной инфраструктуры возрастает еще больше.

По данным центра развития государственно-частного партнерства, на начало 2016 года, из 85 субъектов РФ лишь 68 разработали и приняли законодательство в области ГЧП, регламентирующее способы и правила взаи-

модействия властей и частного капитала. Но следует отметить, что лишь в 4 субъектах РФ (Санкт-Петербург, Свердловская и Томская области, Ямало-Ненецкий автономный округ) эксперты пришли к заключению о высокой эффективности принятых законодательных мер. Лидерами с точки зрения количества заключенных договоров на региональном уровне продолжают оставаться Нижегородская область (8 соглашений), Республика Башкортостан, Ленинградская область (по 7), Новосибирская область (5). Это объясняется в первую очередь достаточно высокой инвестиционной привлекательностью регионов в комплексе с разработанными нормативно-правовыми актами в области государственно-частного партнерства, однако свою роль сыграл и тот факт, что региональные бюджеты не имеют высокой долговой нагрузки [10].

Еще одной проблемой является недостаточно компетентный подход местных властей к привлечению потенциальных инвесторов. В частности некачественная проработка и ошибки при составлении конкурсной документации, равно как и технической документации на объект концессии, привели к отказу компаний подписывать итоговое соглашение после победы в конкурсе или к признанию конкурса недействительным. Подобные недоработки привели к тому, что 89 конкурсов на региональном и муниципальном уровнях были признаны несостоявшимися за 2015 год, что составляет 34 % от общего количества объявленных конкурсов. Зачастую это объясняется недостаточной квалификацией и низкой мотивацией госслужащих, привлеченных к проекту.

В целом, из 170 конкурсов, заключенных в 2015 году и признанных удачными, к региональному уровню относятся лишь около 20 %. Порядка 80 % заключенных договоров относятся к муниципальному уровню, и касаются вопросов развития коммунальной, транспортной, социальной инфраструктур малых населенных пунктов, с населением до 10 тысяч человек [10]. Как правило, эти проекты рассчитаны на срок 3-5 лет и не являются финансово емкими.

К наиболее удачным примерам реализации проектов в области транспортного строительства можно отнести строительство федеральной трассы М1 «Москва-Минск». К проекту были привлечены австрийский подрядчик Alpipebau, управляющая компания «Лидер» и со стороны государства ГК «Автодор». Ряд технологий, необходимых для создания трассы, были переданы подрядчиком для российских

заводов в Калужской области, что облегчит дальнейшую эксплуатацию и ремонт трассы на протяжении всех 30 лет действия концессионного соглашения.

В целом, по данным Министерства экономического развития за 2015 год, порядка 50 % инвестиций в области ГЧП приходится на ЦФО, в то время как потенциально привлекательный Дальневосточный ФО привлекает лишь около 2,5 % инвестиций. Это говорит о недостаточном уровне работы местных и региональных властей по совершенствованию законодательства и привлечению потенциальных партнеров. Для сравнения, на долю Сибирского и Южного ФО приходится соответственно 14 % и 15 % от общего объема инвестиций за 2015 год [10].

В целом для экономики развитие государственно-частного партнерства может позволить достичь значительных результатов, в том числе повысить качество и доступность многих государственных услуг для населения, привести к развитию налоговой базы, созданию рабочих мест, и, что немаловажно, реализовать главную задачу органов власти – выполнить ряд социально значимых для населения функций. Например, развитие на основе ГЧП проектов по обеспечению населения качественными медицинскими или образовательными услугами служит не столько получению прибыли, сколько является своеобразным вкладом в будущее развитие человеческого и научного потенциала крупного города или региона.

Однако ряд исследователей выявляет и ряд недостатков развития и применения ГЧП в России, которые могут нивелировать положительный эффект и даже в ряде случаев нанести вред экономике. Данные факторы приведены ниже.

Финансирование крупного инфраструктурного проекта, даже при учете разделения затрат между государством и бизнесом, очень велико и почти наверняка потребует от частной организации заимствований у кредитных организаций. В условиях современной рыночной ситуации, с существующими кредитными программами, это почти наверняка приведет к некупаемости проекта для частного сектора в среднесрочной и даже долгосрочной перспективе и тем самым оттолкнет частный капитал от участия в проекте.

На внутреннем российском рынке, по сравнению с Западной Европой, не очень много крупных компаний, способных создать по-настоящему конкурентную среду в области

транспортно-логистических услуг или строительства крупных инженерных комплексов. Это может привести к тому, что привлекаться и участвовать в проектах будут компании с не самыми эффективными и рациональными предложениями, по причине отсутствия конкурентов. Это отрицательно скажется на дальнейшем функционировании готового объекта.

Предыдущий довод дополняется объективным для России недостатком чрезмерной близости руководства ряда компаний к властям на региональном или муниципальном уровне, что может привести к полной дискредитации самой идеи ГЧП и превращению его в проект по бессмысленной растрате бюджетных средств.

Таким образом, политика направленная на развитие и углубление государственно-частного партнерства в области транспортно-логистической инфраструктуры имеет двоякое содержание. Как показано в данной статье, в самой идее государственно-частного партнерства кроется ряд изъянов, механизмов по устранению которых на данный момент не разработано. Более того, опыт зарубежных стран находит ограниченное применение к российской действительности вследствие иной финансово-кредитной, административной, деловой среды, и требует значительной переработки под условия российской экономики. В то же время, крайняя изношенность транспортной инфраструктуры страны вкупе с недостатком финансовых средств на ее модернизацию в бюджетах всех уровней вынуждает к использованию частного капитала и концентрации внимания частных структур на наиболее приоритетных проектах путем активного развития государственно-частного партнерства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Долгосрочное государственно-частное партнерство при создании или развитии проекта, рассчитанного на длительный срок до десяти и более лет, в социально значимой сфере экономики несет в себе потенциальные риски, способные проявиться в полной мере лишь спустя несколько лет и огромное количество потраченных бюджетных средств. Именно поэтому одним из наиболее приоритетных направлений работы по совершенствованию области ГЧП в России является подготовка и обучение квалифицированных специалистов, способных обеспечить наиболее юридически грамотную, прозрачную и эффективную процедуру подписания концессионных соглашений

и проведения конкурсов. На данный момент в России программа подготовки и повышения квалификации для госслужащих, работающих в области ГЧП, развита и применяется лишь в ряде регионов и на федеральном уровне. Подготовка кадров для реализации идеи государственно-частного партнерства должна базироваться в первую очередь на инициативе местных властей, вестись с привлечением специалистов с опытом работы в бизнесе в данном регионе и с учетом международного и национального опыта.

Наличие у России успешного опыта реализации концессионных соглашений на различных уровнях подталкивает к идее распространения и рассмотрения лучших практик через Центр развития ГЧП. Привлечение специалистов, обладающих успешным опытом организации и ведения конкурса, к программе подготовки кадров приведет к повышению заинтересованности бизнеса и позволит сделать процедуру открытой и доступной. Это положительно скажется на еще одной проблеме – низкой заинтересованности регионального капитала в концессиях по причине недоверия к политике властей и затруднениях, с которыми бизнес сталкивался при участии в конкурсах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов И.В. Зарубежный опыт государственно-частного партнерства (США, Европа, Канада) / Мировая экономика и международные экономические отношения, № 8, 2012. – 196 - 204 с.

2. Манькова А.О. Международный опыт реализации проектов государственно-частного партнерства. - Проблемы экономики и менеджмента № 10 (62), 2016. – 10 – 15 с.

3. Исследование «Развитие государственно-частного партнерства в России в 2015–2016

годах. Рейтинг регионов по уровню развития ГЧП» / Ассоциация «Центр развития ГЧП», Министерство экономического развития Российской Федерации. – М.: Ассоциация «Центр развития ГЧП», 2016. – 36 с.

4. Транспортная сфера лидирует в ГЧП по объему инвестиций: Аналитический обзор. – Москва, 2015/ [Электронный ресурс]. - Режим доступа <https://tpprf.ru/news/166697/> (Дата обращения - 30.01.2017).

5. Варнавский В. Г. Государственно-частное партнерство: некоторые вопросы методологии: Аналитический обзор. - Москва, 2012 / [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.imepi-eurasia.ru/baner/Varnavskiy.pdf> (Дата обращения - 29.01.2017).

6. Инфраструктура России: инвестиции: Аналитический обзор.- Москва, 2013 / [Электронный ресурс]. - Режим доступа <https://1prime.ru/experts/20150625/813949908-print.html> (Дата обращения - 05.02.2017).

7. Инвестиции КНР в развитие транспортной инфраструктуры: Аналитический обзор. – Москва, 2013 / [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://tass.ru/transport/3958461> (Дата обращения - 06.02.2017).

8. Инфраструктура России: Аналитический обзор. - ГазПромБанк, 2014. – 60 с.

9. Доклад за 2015 год о реализации транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года. - Москва, 2015/ [Электронный ресурс]. - Режим доступа http://www.mintrans.ru/activity/detail.php?SECTION_ID=2203#document_32563 (Дата обращения - 28.01.2017).

10. Практика применения концессионных соглашений для развития региональной инфраструктуры в Российской Федерации. – М.: Центр развития государственно-частного партнерства, 2016. – 63 с.

ADVANTAGES AND SHORTCOMINGS OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP OF DEVELOPMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

R S. Simak, D I. Vasiliev

Annotation. *In this article questions of application of public-private partnership in the European Union countries are considered, the share of projects of public-private partnership on spheres of economy for the developed and developing states is investigated. Distribution of projects of public-private partnership on spheres of economy of the Russian Federation is considered, assessment of the current situation and the prospects of development of this direction in our country is made. Key advantages and shortcomings of public-private partnership taking into account specifics of economy of Russia come to light, the analysis of need of development of this form of cooperation in the field of large-scale transport*

projects is made, including at realization of Transport strategy of Russia till 2030. At the end of article recommendations about improvement of interaction of the authorities and private business in the field of public-private partnership are provided.

Keywords: public-private partnership, infrastructure, transport strategy, transport, cooperation.

REFERENCES

1. Kuznetsov I. V. Zarubezhnyy opyt gosudarstvenno-chastnogo partnerstva (SShA, Evropa, Kanada) [Foreign experience of public-private partnership (USA, Europe, Canada)]. World Economy and International Economic Relations, No. 8, 2012. – pp.196 - 204.

2. Mankova A.O. Mezhdunarodnyy opyt realizatsii proektov gosudarstvenno-chastnogo partnerstva [International experience in implementing public-private partnership projects]. Problems of Economics and Management No. 10 (62), 2016. - pp.10 – 15.

3. Ministry of Economic Development of the Russian Federation. Issledovanie «Razvitie gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v Rossii v 2015–2016 godakh. Reyting regionov po urovnyu razvitiya GChP» [Research “Development of public-private partnership in Russia in 2015-2016. Rating of regions by the level of PPP development “Association” PPP Development Center”]. Ministry of Economic Development of the Russian Federation. - Moscow: Association “Center for PPP Development”, 2016. - 36 p.

4. Transportnaya sfera lideruet v GChP po ob’emu investitsiy [Transport sphere is leading in PPP in terms of investment volume: Analytical review]. - Moscow, 2015.

5. Varnavsky V.G. Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo: nekotorye voprosy metodologii: Analiticheskiy obzor [Public-private partnership: some issues of methodology: Analytical review]. - Moscow, 2012.

6. Infrastruktura Rossii: investitsii: Analiticheskiy obzor [Infrastructure of Russia: investment: Analytical review]. - Moscow, 2013.

7. Investitsii KNR v razvitie transportnoy infrastruktury: Analiticheskiy obzor [Investment of China in the development of transport infrastructure: Analytical review]. – Moscow, 2013.

8. Infrastruktura Rossii: Analiticheskiy obzor. [Infrastructure of Russia: Analytical review]. - GazPromBank, 2014. - 60 p.

9. Doklad za 2015 god o realizatsii transportnoy strategii Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda [The report for 2015 on the implementation of the transport strategy of the Russian Federation for the period until 2030]. - Moscow, 2015.

10. Praktika primeneniya kontsessionnykh soglasheniy dlya razvitiya regional'noy infrastruktury v Rossiyskoy Federatsii [The practice of applying concession agreements for the development of regional infrastructure in the Russian Federation]. - Moscow: Center for the Development of Public-Private Partnerships, 2016. – 63 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Васильев Дмитрий Игоревич (Россия, г. Омск) – преподаватель кафедры Экономика транспорта, логистика и управление качеством» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС) (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35; e-mail: blade_of_darkness@mail.ru).

Vasilyev Dmitry Igorevich (Russian Federation, Omsk) – teacher Omsk state transport university (OSTU) (644046, Omsk, Marx Ave., 35, e-mail: blade_of_darkness@mail.ru).

Симаков Роман Сергеевич (Россия, г. Омск) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика транспорта, логистика и управление качеством» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС) (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35; e-mail: ronad@mail.ru).

Simak Roman Sergeevich (Russian Federation, Omsk) – candidate of economic sciences, the associate professor of Omsk state transport university (OSTU) (644046, Omsk, Marx Ave., 35, e-mail: ronad@mail.ru).

.....

УДК 336.6

РАЗВИТИЕ МЕХАНИЗМА ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В ИННОВАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КЛАСТЕРАХ

Б. Г. Хаиров

*Омский филиал Финансового университета при Правительстве РФ, г. Омск, Россия
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия*

Аннотация. В условиях глобализации возникает необходимость развития импортозамещения. Предлагается развитие механизма импортозамещения в инновационных территориальных кластерах. В статье исследован российский опыт импортозамещения и выбор направления его стратегического развития в инновационных территориальных кластерах. Рассмотрен потенциал импортозамещения в России. Дан анализ импортозамещения в ключевых отраслях экономики страны. Создание кластеров на территории Российской Федерации предусматривает построение кооперационных связей между субъектами предпринимательства и представителями промышленной инфраструктуры, а также построение устойчивых цепей поставок для увеличения добавленной стоимости производимой продукции в целях импортозамещения в стратегически важных отраслях народного хозяйства страны.

Ключевые слова: импортозамещение, инновационный территориальный кластер, промышленная политика.

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета 2017 года.

ВВЕДЕНИЕ

Территориальные кластеры являются локомотивами экономического роста и эффективным инструментом взаимодействия между участниками региональных инновационных систем во многих странах мира. Существуют различные финансовые и нематериальные механизмы их государственной поддержки, цель которых – перевести такие образования в фазу устойчивого развития. Однако становление кластера и его перспективы зависят от многих факторов, поэтому сохраняется риск, что без государственной поддержки кластер не сможет выйти на нужную траекторию.

В мировой практике инновационной политики последних десятилетий при управлении затратами и оптимизации финансовых потоков широкое распространение получила кластерная концепция, объясняющая рост конкурентоспособности бизнеса за счет эффективного взаимодействия между географически близкими факторами, расширения доступа к технологиям, инновациям, специализированным услугам, высококвалифицированным кадрам и т.п. Развитые кластеры стали эффективным инструментом привлечения иностранных инвестиций, интеграции национальных произво-

дителей в мировой рынок высокотехнологичной продукции.

С 2012 г. в России в соответствии со Стратегией инновационного развития на период до 2020 г. реализуется программа поддержки инновационных территориальных кластеров. С этой целью были отобраны 25 пилотных образований, которые получили субсидии из федерального бюджета в размере 1.3 млрд руб. с приоритетной поддержкой в последующие годы [1,2,3,4,5,6].

Очевидно, что государственное финансирование не гарантирует успеха. Существует вероятность, что в случае его прекращения кластеры перестанут существовать либо трансформируются в иные образования. Подобные квазикластеры могут препятствовать инновационной активности своих участников, замыкаясь на теряющих конкурентоспособность технологиях и бизнес-моделях.

Переход ряда кластеров к модели устойчивого развития в ближайшее время, во многом будут зависеть от перспектив укоренения межорганизационного взаимодействия в рамках локальных инновационных систем, создания кластеров различной специализации в других регионах России. В связи с этим представляется актуальным выявить слабые места в функционировании механизма импортозамещения пилотных кластеров.

Развитие кластеров позволяет обеспечить оптимизацию положения отечественных предприятий в производственных цепочках

создания стоимости, содействуя повышению степени переработки добываемого сырья, импортозамещению и росту локализации сборочных производств, а также повышению уровня неценовой конкурентоспособности отечественных товаров и услуг, интенсификации государственно-частного партнерства.

Достижение стратегической цели кластера базируется на формировании высокотехнологичного импортозамещающего научно-производственного комплекса территориально взаимосвязанных и взаимодополняющих в рамках кластера инновационных производств, структур для разработки, внедрения в производство и выпуска инновационной продукции нового поколения, призванных повысить национальную безопасность России в наиболее социально значимых сферах.

1. ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ И АНАЛИЗ ВЫБОРА НАПРАВЛЕНИЯ ЕГО СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Исследование возможностей организации промышленного производства с учетом целесообразности вытеснения отдельных видов импортной продукции и гармоничного его замещения отечественными аналогами является крайне актуальным вопросом для современной российской экономической науки.

Проблема возможности и экономической целесообразности замещения импортной продукции отечественными аналогами многоаспектна и включает в себя уровень качества, который в состоянии обеспечить отечественные предприятия, сложности с нахождением рынков сбыта, необходимость защиты внутреннего рынка от иностранной конкуренции и другое.

Теория и методология импортозамещения исследовались в трудах современных отечественных и зарубежных ученых. Импортозамещение интегрирует страну в систему мирохозяйственных связей, направленное на экономический рост государства и развитие внутреннего рынка промышленных товаров. Неокейнсианцы М.Бруно, Н.Картер, А.Страуг, Х.Ченери целью экономического развития в теоретических моделях считали промышленное импортозамещение. П.Линдерт исследовал влияние импортозамещения на международные условия торговли. А.Киреев обосновывает механизм импортозамещения на основе ее эффективности. П.Кадочников дал оценку влиянию глобальных процессов на импортозамещение. Л.Исмаилова, Д.Зайцев на уровне

региона исследовали направления механизма импортозамещения. В свою очередь С.Редько в своих исследованиях считает импортозамещение основным условием обеспечения экономической безопасности России. А.Тереховым определены факторы конкурентоспособности импортозамещающей продукции.

Стратегией импортозамещения представляется система мер, которая обеспечивает достижение целей организации по объемам и структуре импортозамещения для повышения эффективности его деятельности.

Выбор стратегических направлений развития импортозамещения различен, который должен учитывать развитие интеграционных отношений в условиях санкций на фоне новых угроз и рисков для экономической безопасности страны.

Как приоритет и альтернативное направление развития промышленности, органами государственной власти считается импортозамещение.

Опыт показывает, что при необходимости эффективной защиты внутреннего рынка и ускоренного развития отечественного производства применялась политика импортозамещения, например, страны Латинской Америки и Азии, Белоруссия, Казахстан,

Факторы внешней среды способствовали повышению значения импортозамещения в отраслях отечественной экономики. Стратегически важные отрасли оказались не готовы к внедрению элементов импортозамещения на фоне технологической, логистической и финансовой нестабильности в развитии. Однако, внедрение элементов импортозамещения в отрасли промышленности возможно в условиях комплексного подхода к проводимой промышленной политике на основе применения кластерного подхода.

Мировой опыт показывает, что механизмы общественного спроса и контрактной системы могут и должны быть встроены в систему инструментов и механизмов реализации промышленной политики, ориентированной на инновационно-технологическое развитие национальной промышленности. Внедрение механизма импортозамещения становится возможным на основе становления инновационных территориальных кластеров.

2. ПОТЕНЦИАЛ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В РОССИИ

Одним из наиболее эффективных механизмов реализации программы импортозамеще-

ния, необходимого для активизации экономической среды России, содействия развитию предприятий, являются госзакупки. Программа импортозамещения предполагает создание условий для повышения конкурентоспособности, содействие продвижению на рынках отечественной продукции, совершенствование нормативно-правовой базы, мониторинг ситуации в промышленности с целью выявления проблемных для импортозамещения моментов, препятствующих нормальному развитию предприятий.

Функции регулятора процесса импортозамещения в отечественной промышленности возложены на государство. Минпромторгом разработана дорожная карта «План содействия импортозамещению в гражданских отраслях промышленности». Одновременно с этим планом были утверждены 20 отраслевых планов. Собрано около 4 тысяч заявок, половина из которых была отнесена на основании перечня к критичным видам продукции. К отраслям приоритета №1 (по критерию их влияния на экономическую безопасность, на национальную безопасность, отраслям, имеющим мультипликативный эффект и постоянный платежный спрос) отнесены: нефтегаз, автотранспорт, судостроение и авиастроение. В отраслевые планы по импортозамещению было включено 2061 позиция. Из них свыше 400 - по авиастроению (здесь уровень импортозависимости на сегодняшний день около 92% по номенклатуре). К 2020 г. поставлена задача снизить этот показатель до 72%. В вертолетостроении импортозависимость всего 25%.

В числе критических позиций по авиастроению: вспомогательные установки, радионавигационное оборудование, бортовые системы и т.д. Определен пул российских компаний, которые могут разрабатывать и поставлять необходимые изделия. В качестве основного источника финансирования является госпрограмма по развитию авиационной промышленности.

В станкостроении степень импортозависимости составляет 88%. К 2020 г. планируется выйти на уровень 58%. При участии системного интегратора российской станкостроительной отрасли холдинга «Станкопром», в котором консолидированы ведущие российские станкостроительные предприятия, уже сегодня реализуются заказы этой отрасли. Запущено производство по выпуску линейки точных токарно-фрезерных обрабатывающих центров в г. Сасово Рязанской обл. В 2016 г. производство ультра-прецизионного оборудо-

вания с выходом на серию. Поставлена задача потеснить мировых лидеров высокоточного оборудования.

Успешность реализации проектов по отраслевым планам зависит от получения долгосрочных заказов, которые сегодня возможны только по линии госзаказов. Минпромторг поддержало принятие поправок в 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» (от 18 июля 2011 г.). С Минэкономразвития были проработаны и внесены в ГД поправки в 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».

В 2014 г. на субсидии в 2,6 млрд руб. было заключено около 30 контрактов в 12 секторах. В 2016 г., при вложении 2,6 млрд руб., привлечено порядка 17 млрд руб. частных инвестиций. При наличии поддержки со стороны государства компании заинтересованы вкладывать свои средства в развитие производства.

Основным источником финансирования программы по импортозамещению Фонд развития промышленности (ФРП), созданный в августе 2014 г. В капитал фонда уже перечислены 20 млрд руб. Исходя из параметров, заложенных в бюджете на 2015-2017 гг., дополнительно должно поступить еще 16 млрд руб. Фонд уже начал рассмотрение заявок на получение льготных кредитов – по ставке 5-6% годовых. В первую очередь льготные кредиты получают проекты, ориентированные на экспорт и импортозамещение, важна также инновационность производства. Основной задачей Фонда развития промышленности станет выдача займов промышленным предприятиям на этапе предбанковского финансирования с целью подготовки технико-экономических и финансово-экономических обоснований, проведения проектно-исследовательских, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Экспертный совет фонда проводит жесткий отбор заявок. Поддержку получают самые значимые проекты по тем отраслям промышленности, где у нас имеется наибольший провал. ФРП выбрал 10 производств, которым будет выделено 3,2 млрд рублей льготных займов под 5% годовых на срок до семи лет. В список проектов, в которые фонд будет инвестировать, попали фармацевтические, машиностроительные, научные проекты компаний «Уралвагонзавод», «Фармасинтез», Нанотехнологический центр композитов, «Воронежсельмаш», Уральский дизель-моторный завод и другие.

В реализации производственных стадий проектов помогут субсидии на комплексный инвестпроект. Теперь по кредитам компенсируется 70% ключевой ставки, о чем так долго просили предприятия.

Важнейшую роль будут играть регуляторные механизмы: поправки к 44-ФЗ и к 223-ФЗ, а также ФЗ «О промышленной политике», в рамках которого разработан такой инструмент, как специнвестконтракт. Специнвестконтракт, как инструмент содействия импортозамещению, будет востребован при реализации проектов локализации производств, при создании и развитии инфраструктуры, необходимой для интенсификации процессов импортозамещения и модернизации российской промышленности. Он предоставляет льготы по налогам на прибыль и на имущество.

Одним из основных направлений развития Российской Федерации в рамках сегодняшних условий и вызовов заявлено импортозамещение. Важным является повсеместное внедрение мероприятий по импортозамещению на всей территории Российской Федерации. Для наиболее эффективной реализации этого направления необходимым условием является разработка соответствующих нормативных актов, в том числе программ развития импортозамещения, как на уровне федерации, так и на уровне каждого отдельного региона (субъекта РФ). Целью настоящего исследования стали определение наличия таких программ в разрезе отдельных субъектов РФ и анализ их содержания на предмет выявления основных мероприятий, предлагаемых в рамках импортозамещения.

На сегодняшний день в шести субъектах РФ утверждены программы или концепции развития импортозамещения: Астраханская, Челябинская, Владимирская, Свердловская, Пензенская, Волгоградская, Саратовская области и Чувашская республика.

Основополагающими документами для разработки программ, концепций по развитию импортозамещения уровне являются следующие документы федерального уровня:

-Федеральный закон о промышленной политике РФ (на его основе разрабатываются региональные федеральные законы и концепции о промышленной политике);

-План первоочередных мероприятий по обеспечению устойчивого развития экономики и социальной стабильности в 2015 г., утвержденный Распоряжением Правительства РФ от 27.01.2015 № 98-р (на его основе разрабатываются региональные планы). Одной из

ключевых задач данного Плана является поддержка импортозамещения и экспорта по широкой номенклатуре несырьевых, в том числе высокотехнологичных, товаров;

-Отраслевые планы по содействию импортозамещения (на их основе разрабатывается общая Программа развития импортозамещения и отраслевые программы на региональном уровне).

Планы по обеспечению устойчивого развития экономики и социальной стабильности с установленными мерами по содействию импортозамещения разработаны в 26 субъектах РФ. Планы по содействию импортозамещения или «дорожные карты» разработаны в 37 субъектах РФ. У 18 субъектов РФ отсутствуют указанные документы.

В условиях развития мировой экономики на сегодняшний день стала актуальной проблема разработки и применения политик, способствующих развитию субъектов РФ. Нестабильность финансовой системы заставляет многие страны мира искать способы сокращения расходов. Одним из решения является сокращение объемов импортируемой продукции путем замещения его продукцией, произведенной внутри страны полностью или частично.

Ориентированность российской экономики на экспорт ресурсов и отсутствие эффективных государственных программ, направленных на увеличение уровня экономического развития отдельных образований оказалась неэффективной.

Одним из способов одновременного развития и повышения уровня качества производимой продукции отечественными предприятиями является разработка механизма импортозамещения. Импортозамещение позволит усовершенствовать и реализовать продукцию на основе создания конкурентных преимуществ предприятий в технической, экономической и организационных сферах деятельности, что позволит производствам более эффективно распоряжаться имеющимися ресурсами.

Базисом механизма импортозамещения является разработка и реализация комплексной целевой программы, направленной либо на уменьшение использования импортного сырья и орудий труда в производственном процессе, либо замещение импортной продукции отечественными аналогами схожими по качеству, техническим свойствам и конкурентоспособной цене.

В настоящее время доля импорта в себестоимости промышленной продукции до-

вольно высока. Это объясняется не только обеспечением повышения конкурентоспособности экспортной продукции, но и возросшими требованиями инновационной составляющей внутреннего рынка.

В связи с этим развитие импортозамещения в инновационных территориальных кластерах становится особенно актуальным, поскольку именно оно позволит избежать напряженности, возникающей вследствие необходимости использования при изготовлении промышленной продукции импортных изделий, компонентов и услуг, в то время как отечественные предприятия не получают потенциальных заказов на изготовление продукции, требующихся для выхода из кризисной ситуации.

3. АНАЛИЗ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В КЛЮЧЕВЫХ ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ

В последнее время на фоне снижения потребительского и инвестиционного спроса, индексов производства, в обрабатывающих отраслях было зафиксировано снижение доли импорта. Принятые меры органами власти восстанавливают рост деловой активности на основе выхода большинства проектов на стадию производства серийной продукции.

Важным результатом является организация процесса импортозамещения по всем ключевым отраслям, проведена инвентаризация потребностей страны в технологиях, в оборудовании. Разработана нормативно-правовая база, инструменты поддержки, налажена работа по отраслевым планам. В промышленности появились четкие технологические приоритеты снижения зависимости от иностранного оборудования, от комплектующих, от технических услуг, программ. Приняты отраслевые планы, работают законы о промышленной политике, о стандартизации, программам замещения импорта обеспечена государственная поддержка.

Одна из главных задач – обеспечить спрос на отечественную продукцию. Компании с государственным участием в своих корпоративных планах, в закупочной политике должны больше ориентироваться на продукцию российского производства, более того, их планы будут увязаны с отраслевыми планами по импортозамещению. Если производители будут в курсе перспективных потребностей компаний, мы можем рассчитывать на достаточно уверенное движение вперед.

Важная задача максимально широко вовлечь в реализацию планов по замещению

малый и средний бизнес на основе инновационных территориальных кластеров, которые в совокупности должны придать политике импортозамещения более серьезную устойчивость.

При активном участии бизнеса реализуются отраслевые планы импортозамещения, которые включают 1730 проектов. реализация 423 с общим объемом инвестиций около 300 млрд рублей. С начала 2017 года уже начато 97 проектов. Планируется выделить 73 млрд рублей, которые распределятся по основным, приоритетным отраслям промышленности, включая средства из Фонда развития промышленности – 20 млрд рублей. В настоящий момент фонд совместно с Центробанком приступил к реализации новой программы поддержки лизинга промышленного оборудования. Это важно для повышения технологического уровня предприятий, которые будут выпускать новую продукцию.

Пул участвующих банков и лизинговых компаний полностью сформирован, первые заявки уже поступают на рассмотрение наблюдательного совета нашего фонда. Эта программа обеспечит дополнительный спрос на продукцию станкостроения в районе 15 млрд рублей. 2 млрд предполагается выделить из фонда, и 10 млрд Центральный банк обеспечит из предоставленных займов.

Импортозамещение осуществлять не только через развитие собственных компетенций, но и через локализацию. В рамках принятого 719-го Постановления Правительства РФ уже осуществлены соответствующие требования об увеличении объемов производственных операций, выполняемых в России, тем самым предоставлен стимул иностранным компаниям для обеспечения трансфера технологий в нашу страну. Создаваемое агентство технологического развития ставит задачей - содействие в привлечении частных инвестиций для реализации лицензионных проектов.

Что касается поддержки спроса на замещающую продукцию, как можно более активно использовать регуляторные механизмы. По тем видам продукции, которые уже производятся в нашей стране, Правительством установлены ограничения и запреты на импорт в рамках госзакупок. К сожалению, на конкурсных процедурах госкомпаний в настоящий момент наблюдается разночтение в трактовке понятия «российский продукт», поэтому целесообразным определить требование 719-го постановления обязательным и для таких ситуаций.

Дальнейшее развитие регуляторного направления будет осуществляться в рамках

применения положений принятого закона «О стандартизации». Он внёс изменения в федеральные законы о госзакупках и закупках компаний с госучастием. Благодаря этому заказчики будут устанавливать требования к продукции, работам или услугам на основе национальных стандартов. В прошлом году утверждено более 2 тыс. стандартов, разработанных совместно с бизнес-сообществом, план на этот год – 2,5 тыс. по всем отраслям. Применение нацстандартов позитивно скажется на процессах импортозамещения и будет содействовать повышению качества отечественной продукции. Это необходимо и для наращивания своей доли на внутреннем рынке, и, самое главное, для развития экспорта новой продукции, которую мы создаём в рамках планов импортозамещения. В этом направлении большое значение будут иметь инструменты поддержки экспорта, которые включены Правительством в план по обеспечению стабильного социально-экономического развития. И очень важно, чтобы они были реализованы в полном объёме.

Импортозамещение в интересах топливно-энергетического комплекса осуществляется в трёх связанных отраслях: нефтегазовом, тяжёлом и энергетическом машиностроении. Совокупно по этим секторам через различные инструменты поддержки доведено до предприятий более 5 млрд рублей. С использованием этих средств реализовывается свыше 60 проектов, включённых в соответствующие отраслевые планы импортозамещения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современная экономика характеризуется значительным повышением объема потребления и радикальным снижением издержек компаний в процессе производства товаров и услуг, что способствует развитию принципиально новой экономики, новых рыночных, отраслевых и корпоративных структур [7].

Для производителей товаров и услуг, в том числе образовательных, степень приверженности цивилизованным рыночным отношениям воплощается в степени перехода от так называемой «производственной» ориентации к рыночной, маркетинговой ориентации [8].

Анализ опыта социально-ответственного реформирования отраслей и крупных организаций в США, Японии и Германии свидетельствует о том, что возникающие при этом отрицательные последствия (высвобождение и привлечение трудовых ресурсов, социаль-

ная нестабильность и т.п.) компенсируются стимулированием развития малого и среднего бизнеса в окружении реформируемых предприятий. Одной из наиболее эффективных форм такого стимулирования является создание кластерных структур как систем взаимодействия разнородных предприятий на основе коммерческого использования имеющихся региональных конкурентных преимуществ. Несмотря на наличие некоторого разнообразия в определениях, названиях, формах управления, основной сутью кластерных структур является система, обеспечивающая умножение возможностей отдельных элементов, т.е. такая система всегда обладает большими возможностями, чем сумма возможностей отдельных ее элементов [9].

Развитие механизма импортозамещения должен способствовать формированию благоприятных организационных и материально-технических условий, необходимых для формирования инновационных территориальных кластеров, стимулирующих как инновационную активность организаций, так и повышение спроса на результаты инновационной деятельности.

Развитие российских ресурсодобывающих и перерабатывающих отраслей играет важную роль в проведении государственной промышленной политики. Таким образом, появляется необходимость в усилении сотрудничества предпринимательских структур с государством в соответствующих формах [10].

Инновационные территориальные кластеры обеспечат условия для реализации мероприятий государственной промышленной политики в соответствии с установленными сроками и задачами; рост ВВП через увеличение объемов производства и сбыта конкурентоспособной импортозамещающей продукции промышленности субъектов РФ; условия для подготовки квалифицированных работников инженерно-технических и рабочих специальностей в количестве и с качеством, полностью удовлетворяющими текущим и перспективным потребностям экономики страны, с учетом программ развития промышленного сектора экономики, обеспечения импортозамещения и возвращения отечественным предприятиям технологического лидерства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 31 декабря 2014 г. N 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации»

2. Постановление Правительства Российской Федерации № 779 от 31 июля 2015 г. «О промышленных кластерах и специализированных организациях промышленных кластеров»

3. Постановление Правительства Российской Федерации № 41 от 28 января 2016 г. «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий участникам промышленных кластеров на возмещение части затрат при реализации совместных проектов по производству промышленной продукции кластера в целях импортозамещения»

4. Отраслевые планы импортозамещения

5. Стратегия приоритетного проекта Минэкономразвития России «Развитие инновационных кластеров-лидеров инвестиционной привлекательности мирового уровня»

6. Указ Губернатора Омской области №93 «Стратегия социально-экономического развития Омской области до 2025 года»

7. Хаирова, С.М. Логистика сотрудничества [Текст]: монография / С.М. Хаирова // AVM - Akademische Verlagsgemeinschaft München, 2013. - 58 p

8. Хаирова, С.М. Совершенствование системы образования: пути интеграции вуза и производства / С.М. Хаирова, Б.Г. Хаиров // Российское предпринимательство. - 2007. - № 3. - С. 120-123

9. Хаиров, Б.Г. Вопросы формирования вертикальной интеграции предприятий лесопромышленного комплекса Омской области / Б.Г. Хаиров // Российское предпринимательство. - 2007. - № 4 (1). - С. 3-6

10. 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

DEVELOPMENT OF IMPORT SUBSTITUTION MECHANISM IN INNOVATIVE TERRITORIAL CLUSTERS

B. G. Khairov

Abstract. *In the context of globalization, there is a need to develop import substitution. It is proposed to develop the mechanism of import substitution in innovative territorial clusters. The article examines the Russian experience of import substitution and the choice of the direction of its strategic development in innovative territorial clusters. The potential of import substitution in Russia is considered. Analysis of import substitution in key sectors of the country's economy is given. The creation of clusters on the territory of the Russian Federation provides for building cooperative links between business entities and representatives of industrial infrastructure, as well as building sustainable supply chains to increase the added value of manufactured products for import substitution in strategically important sectors of the country's economy.*

Keywords: *Import substitution, innovative territorial cluster, industrial policy.*

REFERENCES

1. Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 31 dekabrya 2014 g. N 488-FZ «O promyshlennoj politike v Rossijskoj Federacii» [The federal law of the Russian Federation of December 31, 2014 N 488-FZ «On Industrial Policy in the Russian Federation»]

2. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii № 779 ot 31 ijulja 2015 g. «O promyshlennyh klasterah i specializirovannyh organizacijah promyshlennyh klasterov» [Resolution of the Government of the Russian Federation of July 31, 2015 N 779 «On Industrial Clusters and Specialized Organizations of Industrial Clusters»]

3. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj

Federacii № 41 ot 28 janvarja 2016 g. «Ob utverzhenii Pravil predostavlenija iz federal'nogo bjudzheta subsidij uchastnikam promyshlennyh klasterov na vozmeshhenie chasti zatrat pri realizacii sovmestnyh projektov po proizvodstvu promyshlennoj produkcii klastera v celjah importozameshenija» [Resolution of the Government of the Russian Federation of January 28, 2016 N 41 «On Approval of the Rules for Granting Subsidies from the Federal Budget to Participants of Industrial Clusters to Reimburse Part of the Costs in the Implementation of Joint Projects for the Production of Industrial Cluster Products for Import Substitution»]

4. Otrasleye plany importozameshenija [Sectoral plans for import substitution]

5. Strategija prioritetnogo proekta Minjeconomrazvitiya Rossi «Razvitie innovacionnyh klasterov-liderov investicionnoj privlekatel'nosti mirovogo urovnja» [Strategy of the priority project of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation «Development of innovative clusters-leaders of investment attractiveness of the world level»]

6. Ukaz Gubernatora Omskoj oblasti №93 «Strategija social'no-jekonomicheskogo razvitiya Omskoj oblasti do 2025 goda» [Decree of the Governor of the Omsk region N 93 «Strategy of social and economic development of Omsk region till 2025»]

7. Hairova, S.M. Logistika sotrudnichestva [Logistics cooperation] AVM - Akademische Verlagsgemeinschaft München, 2013. 58 p

8. Hairova S.M., Hairov B.G. Sovershenstvovanie sistemy obrazovanija: puti integracii vuza i proizvodstva [Perfection of the education system: ways of integration of higher education and production] Russian Entrepreneurship, 2007, no. 3, pp. 120-123.

9. Hairov, B.G. Voprosy formirovanija vertikal'noj integracii predpriyatij lesopromyshlennogo kompleksa Omskoj oblasti [Issues of formation

of vertical integration of enterprises of the timber industry complex of the Omsk Region] Russian Entrepreneurship, 2007, no. 4 (1), pp. 3-6.

10. Hairov, B.G. Cenoobrazovanie v rossijskih otraslevykh logisticheskikh setjah v uslovijah chastno-gosudarstvennogo sotrudnichestva [Pricing in Russian industrial logistics networks in conditions of private-state cooperation] RISK: Resources. Information. Supply. Competition, 2014, no. II, pp. 117-122.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Хаиров Бари Галимович (Омск, Россия) – 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).

Khairov Bari G. (Omsk, Russia) – PhD, 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, ul. Maslennikov, d.43, e-mail: hairov@bk.ru).

УДК 338.001.36

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЫНКА НЕДВИЖИМОСТИ В СРАВНЕНИИ С ЕГО ВЫСОКООРГАНИЗОВАННОЙ ФОРМОЙ

*Т.В. Чибикова, К.В. Крумина
ФГБОУВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, Россия*

Аннотация. В статье, в соответствии с предложенными показателями, проводится анализ особенностей и отличий так называемых «высокоорганизованных рынков» и рынка недвижимости. Это сравнение может быть использовано для развития методологической базы технологии анализа рынка недвижимости. В настоящем исследовании использовались структурный и функциональный методологические подходы. В качестве общенаучного метода исследования выбраны: системный метод, рассматривающий рынок недвижимости во взаимосвязи с отраслевой структурой экономики в целом; формализация. Исследование носит теоретический характер. Статья может быть использована как для развития теоретической базы исследования рынка недвижимости, так и для практического анализа рынка ее участниками: риэлтерами, девелоперами, консультантами и др.

Ключевые слова: рынок недвижимости, высокоорганизованный рынок, транзакционные издержки, мультиплистинг, отраслевой рынок.

ВВЕДЕНИЕ

Общественная жизнь современной эпохи связана с перманентными трансформациями,

затрагивающими все сферы своего существования. Не является исключением и отраслевая структура экономического развития стран и регионов. Рынок недвижимости, долгое время

остававшийся образцом стабильности, в последние годы так же стал подвержен серьезным изменениям, затрагивающим структуру спроса на недвижимость как товар, технологии строительства, правовые основы государственного регулирования и т.д.

Актуальность выбранной темы связана со значимостью рынка недвижимости как сектора экономики в общей системе рыночных отношений вне зависимости от региональных и структурных особенностей. Рассматриваемой теме посвящено множество научных исследований, которые по мнению автора следует разделить на две группы:

1) исследования, изучающие экономический анализ и оценку рынка (С.Б. Авдашева [1], И.С. Алёхина [2], Н.А. Бреславцева [3], Н.В. Вечер [4], А.Л. Ольховский [4], Л.А. Гочияева [5], С.С. Мамедова [6], А.Е. Медовый [7], В.М. Минц [8], Е.Ю. Напеденина [9], В.Н. Соболев [9]);

2) социологические и маркетинговые исследования рынка недвижимости (Г.М. Стерник [10, 11, 12, 14], А.А. Апальков [11], А.Н. Краснопольская [14], С.Г. Стерник [10, 12, 13], А.В. Свиридов [10]) и другие.

К первой группе работ можно отнести исследования, изучающие теоретические модели отраслей и рынков, теории конкуренции, концентрации, ценообразования и др. Среди указанных работ рынок недвижимости рассматривается в рамках отдельных прикладных вопросов: риэлтерские услуги, девелопмент и др..

Во второй группе работ рассматривается и анализируется именно рынок недвижимости. В качестве предмета исследования используются самые разные аспекты развития рынка: кредитование, прогнозирование цен, исследование конъюнктуры и др. Данные исследования уделяют внимание различным аспектам функционирования рынка недвижимости, в том числе рассматривают его с точки зрения определения индивидуальных отраслевых особенностей. В частности, Г.М. Стерников выделяет следующие особенности рынка недвижимости [16]: соотношение числа продавцов и покупателей; открытый или закрытый характер сделок; уровень стандартизованности товара; уровень стандартизации цены; влияние территориальных границ на возможность выбора покупателей; доступность информации о товаре и рынке; скорость обмена информацией и принятия решений; степень правового регулирования; возможности транспортабельности товара; факторы, влияющие на принятие решений.

Целью настоящего исследования является систематизация характерных отличий рынка недвижимости от «высокоорганизованных» рынков по основополагающим параметрам-уровню стандартизации товара, уровню стандартизации цены, влиянию территориальных границ на возможность выбора покупателей, степени правового регулирования, возможности транспортабельности товара для дальнейшего развития анализа рынка недвижимости.

Теоретическая значимость исследования заключается в актуализации основных свойств, позволяющих исследовать рынок недвижимости в контексте отраслевой структуры экономики, что важно для принятия обоснованных управленческих решений. Практическая значимость исследования в возможности использования ее выводов практиками рынка недвижимости.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящем исследовании использовались структурный и функциональный методологические подходы. В качестве общенаучного метода исследования выбраны: системный метод, рассматривающий рынок недвижимости во взаимосвязи с отраслевой структурой экономики в целом; метод формализации и обобщения.

В качестве специально метода использован метод отраслевого анализа, позволяющий выявить специфические особенности конкретного исследуемого рынка в отраслевой структуре современной экономики [15, с. 152].

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЫНКА НЕДВИЖИМОСТИ

В статье рассматривается рынок жилой недвижимости и его специфические особенности, которые отличают его других рынков. Объектом сравнения авторы избрали «высокоорганизованный рынок», т.е. рынок чистой конкуренции, состоящий из большого числа независимо действующих продавцов и покупателей однородного (стандартизованного) товара. Примером могут служить товарные и фондовые биржи.

В качестве параметров для сравнения будут использованы параметры, предложенные Г.М. Стерником [16].

Уровень стандартизованности товара

Все существующие отрасли и рынки подлежат определенной законодательно регулируемой системе стандартизации и сертификации.

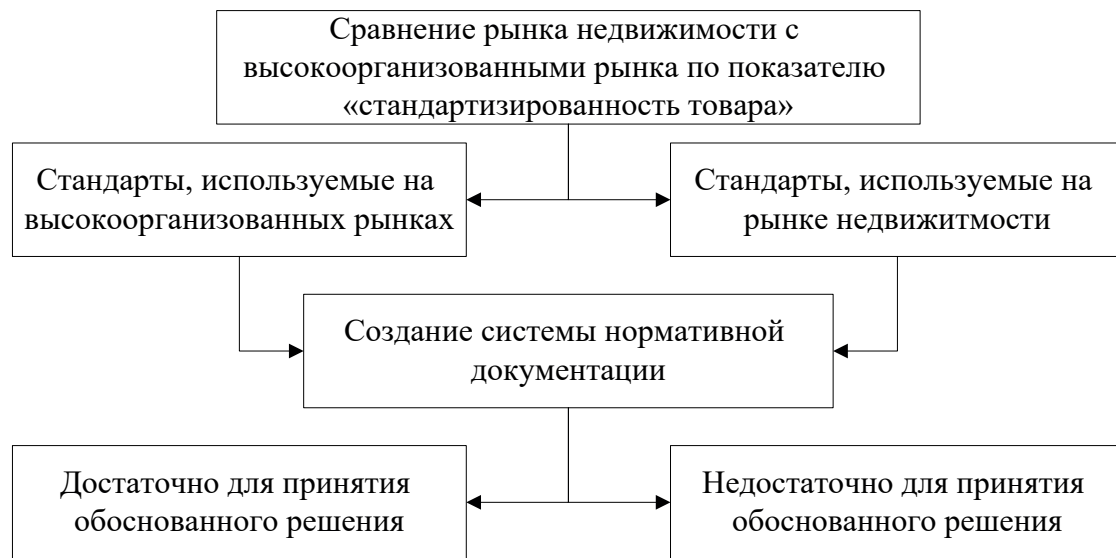


Рис. 1. Сравнительная характеристика высокоорганизованных рынков и рынка недвижимости по показателю «стандартизованность товара»

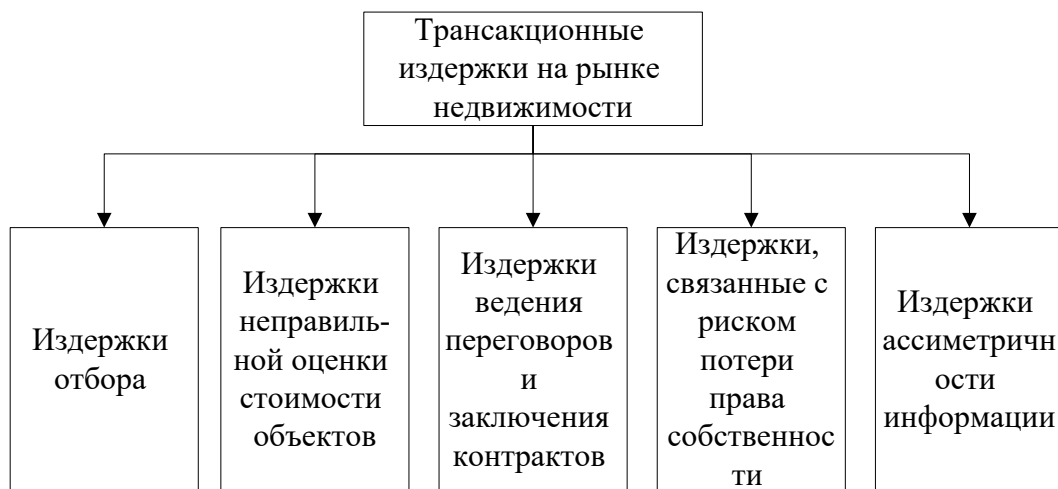


Рис. 2. Виды трансакционных издержек на рынке недвижимости

Рынок недвижимости не является исключением.

На высокоорганизованных рынках в силу низкой дифференцированности товара нормативной стандартизации бывает достаточно для принятия объективного решения.

На рынке недвижимости стандартизация затрагивает многие направления: это касается и технологии строительства, технологий оценки стоимости, предоставление услуг (риэлтерских, консалтинговых и др.). Однако, несмотря на всю свою широту, нормативы не в состоянии охватить все сферы. С точки зрения покупателя объект недвижимости часто оценивается критериями, которые носят иррациональный характер (например, вид из окна, «здесь про-

шла моя юность», «люблю яркие обои» и т.д.) Кроме того, известной аксиомой является тот факт, что каждый объект недвижимости является уникальным. Это связано с местоположением объекта на определенной территории.

Таким образом, система нормативной документации, используемая для объектов недвижимости, не дает возможность покупателю принять обоснованное решение для совершения покупки. Указанный вывод в первую очередь соответствует такому типу недвижимости как жилая.

Уровень стандартизации цены

Данный показатель является следствием предыдущего – «стандартизация товара». Цена каждого объекта жилой недвижимости



Рис. 3. Сравнительная характеристика высокоорганизованных рынков и рынка недвижимости по показателю «территориальные границы»

является уникальной, демонстрирующий не только конъюнктуру рынка на рассматриваемый период, но и субъективное восприятие объекта недвижимости участниками рынка (продавцами и покупателями), специфическими особенностями каждого объекта, неоднозначностью факторов, определяющих рыночную полезность объекта, юридической чистотой сделки. Данный вывод будет верен в отношении так называемой «вторичной» недвижимости, т.е. при осуществлении сделки уже использовавшегося другими лицами объекта.

В отношении «первичной» недвижимости, т.е. на рынке строящихся объектов, где в качестве продавца выступает строительная компания, стандартизация цен значительно выше, поскольку речь идет о массовых продажах схожих объектов.

Ценообразование в этом случае связано с высокой долей транзакционных издержек [17, с. 25].

Влияние территориальных границ на возможность выбора покупателей

Данный параметр в меньшей степени отражает различия между рынком недвижимости и высокоорганизованными рынками, чем это было не так давно, например, 10 лет назад, когда расстояние действительно ограничи-

вало возможности коммуникации продавца и покупателя. Развитие технологий, Интернет, сотовой связи, а так же другие элементы глобализации информационных потоков, повсеместное использование сетевых технологий, позволяют покупателю выбрать товар из любой географической точки.

Однако на рынке недвижимости указанная возможность носит ограниченный характер, так как несет в себе существенные риски. Данные риски связаны с неполнотой информации, представленной для широкого доступа в электронных носителях информации, а так же, в отдельных случаях, с ее недостоверностью. Анализ и контроль информационного поля, сформированного из таких источников как интернет, открытые базы данных, периодическая печать имеет достаточно высокую стоимость. Так же, территориальные границы снижают возможность институциональной защиты сделки и регистрации объекта (рис 1).

Степень правового регулирования

Степень правового регулирования на рассматриваемом рынке недвижимости в первую очередь связана с системой государственной регистрации, которой обязательно подлежат все существующие сделки. Про осуществления регистрации передачи прав новый собственник получает правоустанавливающий



Рис. 4. Сравнительная характеристика высокоорганизованных рынков и рынка недвижимости по показателю «правовое регулирование»

документ, который является основным документом, подтверждающим право собственности указанного лица

Особенности правового регулирования рынка недвижимости так же связаны с большим числом государственных институтов, регулирующих правовые взаимоотношения и защищающие права собственников.

Кроме того, само право собственности на объект недвижимости, имеет сложный характер, включающий право владения, пользования и распоряжения, каждое из которых может быть ограничено. Существуют также так называемые «вещные права», которые также необходимо учитывать на различных этапах оформления рыночной сделки. Все это значительно усложняет правовое регулирование процессов функционирования рынка и еще более усиливает значимость регистрации всех видов прав и их защиты.

На высокоорганизованных рынках так же существует государственное правовое регулирование, но как указано на рис. 5, оно во многом зависит от категории товара, отрасли, уровня конкуренции.

Возможности транспортабельности товара

Транспортабельность товара на многих высокоорганизованных рынках как правило высокая. Ее уровень зависит от ряда факторов, в частности от метрических данных по транспортируемому товару, от его характеристик по хрупкости, атомарности конструктивных элементов, сроку годности, требованиям к условиям хранения и т.д.

На рынке недвижимости транспортабельность объектов низкая или полностью отсутствует, поскольку объект недвижимости «прочно связан с землей и его перемещение без несоразмерного ущерба невозможно» [18].

Несмотря на меняющийся стиль жизни населения и меняющиеся технологии строительства, позволяющие создавать объекты, способные к перемене места (жилье на колесах, строения на понтонном фундаменте и др.), по Гражданскому кодексу РФ ст. 130 указанный показатель («прочная связь с землей») сохраняется как основной в определении понятия «недвижимость» [19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следует отметить, что все вышеперечисленные факторы не являются статичными, а представляют собой постоянно меняющиеся характеристики, отражающие конъюнктуру рынка. Соответственно при дальнейшем исследовании характерных особенностей рынка недвижимости, важно учитывать динамику отраслевых, социальных, экономических, технологических и других изменений.

Таким образом, в исследовании рассмотрены отличительные особенности рынка недвижимости от «высокоорганизованных рынков»: уровень стандартизации товара; уровень стандартизации цены; влияние территориальных границ на возможность выбора покупателей; степень правового регулирования; возможности транспортабельности товара.

Рассмотренные особенности рынка недвижимости могут быть использованы для разработки методологической основы технологии анализа рынка недвижимости в условиях многофакторного воздействия внешней среды, в том числе в условиях экономической нестабильности. Статья может быть полезна исследователям, занимающиеся научной деятельностью, а так же практикам в сфере анализа рынка недвижимости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдашева, С.Б. Теория организации отраслевых рынков [Текст] / С.Б. Авдашева. М.: ИЧП «Издательство Магистр», 1998. – 320 с.
2. Алехина, И.С. Исследование процессов трансформации отношений собственности и их влияние на развитие рынка риэлтерских услуг [Электронный ресурс] / И.С. Алехина // Инженерный вестник Дона (электронный журнал). – 2011. – № 3. – С. 65–69
3. Бреславцева, Н.А. Рынок недвижимости – основа формирования рынка риэлтерских услуг [Электронный ресурс] / Н.А. Бреславцева, С.В. Рябоконт // Инженерный вестник Дона – 2011 – т. 15. – № 1. – С. 526–539.

4. Вечер, Н.Ф. Инвестиции в коммерческую недвижимость. Жизненный цикл объекта. [Текст] / Н.Ф. Вечер, А.Л. Ольховский. – СПб.: Издательский дом «Бизнес–пресса», 2005. – 176 с.

5. Гочияева, Л.А. Исследование роли и значения рынка недвижимости рынка риэлтерских услуг в формировании и развитии рынка недвижимости [Текст] / Л.А. Гочияева // Экономический анализ: теория и практика. – 2014. – № 3. – С. 43–55.

6. Мамедова, С.С. Анализ взаимосвязанности процессов на рынке недвижимости [Текст] / С.С. Мамедова // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2010. – № 2. – С.255–261

7. Медовый, А. Е. Совершенствование системы мотивации труда в сфере услуг на рынке недвижимости [Текст] / А. Е. Медовый // Кадровик. – 2009. – № 10. – С.53–58.

8. Минц, В.М. Принципы прогнозирования динамики цен на жилую недвижимость [Текст] / В.М. Минц // Имущественные отношения в РФ. – 2008 – №1(76) – с. 35–42

9. Напеденина, Е.Ю. Применение принципа Парето для оценки рисков в коммерческой недвижимости [Текст] / Е.Ю. Напеденина, В.Н. Соболев // Ученые записки. – 2009 – № 7 (2) – с. 230–234

10. Стерник, Г.М. Развитие и совершенствование методов прогнозирования на рынке жилой недвижимости [Текст] / Г.М. Стерник, С.Г. Стерник, А.В. Свиридов // Урбанистика и рынок недвижимости. 2014. № 1. С. 53–93.

11. Стерник, Г.М. Количественная оценка влияния различных факторов на доступность жилья и ипотеки [Текст] / Г.М. Стерник, А.А. Апальков // Урбанистика и рынок недвижимости. 2015. № 1. С. 6–16.

12. Стерник, Г.М. Методика оценки среднерыночной доходности инвестиций в недвижимость [Текст] / Г.М. Стерник, Д.В. Поплевина, А.А. Апальков // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2015. № 7 (166). С. 37–48.

13. Стерник, Г.М. Долгосрочный прогноз развития рынка строительства и продажи жилой недвижимости в Москве [Текст] / Г.М. Стерник. // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2015. № 1 (160). С. 42–48.

14. Стерник, Г.М. Непериодическое разложение ценовой динамики рынка жилья Москвы [Текст] / Г.М.Стерник, А.Н. Краснопольская // Экономическая наука современной России. 2008. № 3. С. 110–115.

15. Стерник, Г.М. Определение коэффи-

циента доступности жилья с учетом ипотечной поддержки [Текст] / Г.М. Стерник, А.Н. Краснопольская // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2007. № 3. С. 43.

16. Рой, Л.В. Анализ отраслевых рынков: учебник. [Текст] / Л.В. Рой, В.П. Третьяк. М.: Инфра-М, 2008. – 442 с.

17. Стерник, Г.М. Концепция анализа рынка недвижимости, единая для стран – членов СЕРЕАН. (Доклад Г.М. Стерника на конференции СЕРЕАН, Киев, 15.10.2005г) [Электронный

ресурс] / Г.М.Стерник // <http://realtymarket.ru/konferencii/sternik-g.m.-konceptsiya-analiza-rinka-nedvizhimosti-edinaya-dlya-stran-lenov-serean.html>

18. Чибикова, Т.В. Роль риэлтера на рынке недвижимости / Т.В. Чибикова; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск, Изд-во ОмГТУ, 2015. – 128 с.:ил.

19. Гражданский кодекс РФ ст. 130 [Электронный ресурс] // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5142/

CHARACTERISTIC FEATURES OF THE REAL ESTATE MARKET IN COMPARISON WITH ITS HIGH-ORGANIZED FORM

T. V. Chibikova, K. V. Krumina

Abstract. *In the article, in accordance with the proposed indicators, the analysis of the peculiarities and differences of the so-called “organized markets” and the real estate market. This comparison can be used for development of methodological base analysis of the real estate market. The present study used structural and functional methodological approaches. As a scientific method of study were chosen: systematic method considering the real estate market in correlation with the sectoral structure of the economy as a whole; inductive method: building insights on the basis of information on the real estate market. The study is theoretical in nature. The article may be used for the development of the theoretical basis of the study of the real estate market and practical analysis of the market for its participants: realtors, developers, consultants etc.*

Keywords: *real estate market, highly organized market, transaction costs, multilisting, industry market.*

REFERENCES

1. Avdasheva, S. B. Teoriya organizatsii otraslevykh rynkov [The theory of organization of industrial markets]. Moscow: Magistr, 1998. 320. Print.

2. Alekhina, I.S. Issledovaniye protsessov transformatsii otnosheniy sobstvennosti i ikh vliyaniya na razvitiye rynka rielterskikh uslug [Investigation of the processes of transformation of property relations and their impact on the development of the real estate services market]. The engineering bulletin of the Don (electronic journal), 2011, vol 17, no.3, pp. 267-272

3. Breslavtseva, N.A. Rynok nedvizhimosti - osnova formirovaniya rynka rielterskikh uslug [The real estate market is the basis for the formation of the real estate services market]. The engineering bulletin of the Don. (electronic journal), 2011, vol 15, no.1, pp. 526–539.

4. Vecher, N. F. Olhovskiy A.L. Investitsii v kommercheskuyu nedvizhimost'. Zhiznennyi tsikl ob"yektu. [Investments in commercial real estate. The life cycle of an object]. St. Petersburg: Publishing house “Business Press”, 2005. 176. Print.

5. Gochiyayeva L.A. . Issledovaniye roli i

znacheniya rynka nedvizhimosti rynka rielterskikh uslug v formirovanii i razvitiye rynka nedvizhimosti [Investigation of the role and significance of the real estate market of the real estate services market in the formation and development of the real estate market]. Economic Analysis: Theory and Practice . 2014, no.3, pp. 43-55. Print.

6. Mamedova S.S. Analiz vzaimosvyazannosti protsessov na rynke nedvizhimosti [Analysis of the interconnectedness of processes in the real estate market.] Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. 2010, no.2, pp. 255-261. Print.

7. Medoviy A.E. Sovershenstvovaniye sistemy motivatsii truda v sfere uslug na rynke nedvizhimosti [Perfection of the system of motivation of labor in the sphere of services in the real estate market]. Kadrovik. 2009, no.10, pp. 53-58. Print.

8. Mints V. M. Printsipy prognozirovaniya dinamiki tsen na zhiluyu nedvizhimost' [Principles of forecasting the dynamics of prices for residential real estate. Property relations in the Russian Federation]. 2008, no.1, pp. 35-42. Print.

9. Napedenina E.Y., Sobolev V.N. Prime-neniye printsipov Pareto dlya otsenki riskov v kommercheskoy nedvizhimosti [Application of the

Pareto principle for assessing risks in commercial real estate]. Scientific notes. 2009, no.7, pp. 230-234. Print.

10. Sternic G.M., Sternic S.G., Sviridov A. V. Razvitiye i sovershenstvovaniye metodov prognozirovaniya na rynke nedvizhimosti [Development and improvement of forecasting methods in the residential real estate market. Urbanistics and the real estate market]. 2014, no.1, pp. 53-93. Print.

11. Sternic G.M., Apal'kov A.A. Kolichestvennaya otsenka vliyaniya razlichnykh faktorov na dostupnost' zhil'ya i ipoteki [Quantitative assessment of the impact of various factors on the affordability of housing and mortgages]. Urbanistics and the real estate market. 2015, no.1, pp. 6-16. Print.

12. Sternic G.M., Poplevina D.V., Apal'kov A.A. Metodika otsenki srednerynochnoy dokhodnosti investitsiy v nedvizhimost' [Methodology for estimating the average market return on investment in real estate]. Property relations in the Russian Federation. 2015, no.7, pp. 37-48. Print.

13. Sternic G.M. Dolgosrochnyy prognoz razvitiya rynka stroitel'stva i prodazhi nedvizhimosti v Moskve [Long-term forecast for the development of the market for construction and sale of residential real estate in Moscow]. Property relations in the Russian Federation. 2015, no.1, pp. 42-48. Print.

14. Sternic G.M., Krasnopolskaya A.N. Neperiodicheskoye razlozheniye tsenovoy dinamiki rynka zhil'ya Moskvy [Non-periodic decomposition of the price dynamics of the housing market in Moscow]. Economic science of modern Russia. 2008, no.3, pp. 110-115. Print.

15. Sternic G.M., Krasnopolskaya A.N. Opredeleniye koeffitsiyenta dostupnosti zhil'ya s uchetom ipotечноy podderzhki [Determination of the coefficient of housing affordability with regard to mortgage support]. Property relations in the Russian Federation. 2007, no.3, p.43. Print.

16. Roy L.V., Tretyak V.P. Analiz otraslevykh rynkov [Analysis of industry markets]. Moscow: INFRA-M, 2008. 442. Print.

17. Sternic G.M. Kontseptsiya analiza rynka nedvizhimosti, yedinaya dlya stran - chlenov SEREAN [The concept of real estate market analysis, one for the member countries of SEREAN]. The real estate market of Russia. N.p., 15 Oct. 2005. Web. 27 Apr. 2017. <<http://realtymarket.ru/konferencii/sternic-g.m.-konceptsiya-analiza-rinka-nedvijimosti-edinaya-dlya-stran-chlenov-serean.html>>.

18. Chibikova T.V. Rol' rieltora na rynke nedvizhimosti [The role of realtor in the real estate market]. Omsk: OMGU, 2015. 128. Print.

19. Grazhdanskiy kodeks RF st. 130 [The Civil Code of the Russian Federation, article 130]. Legal system ConsultantPlus. N.p., n.d. Web. 27 Apr. 2017. <http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5142>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чибикова Татьяна Викторовна (Омск, Россия) – кандидат исторических наук, доцент, доцент кафедры «Организация и управление наукоемкими производствами» ФГБОУ-ВО «Омский государственный технический университет» (644050, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: tchibikova@bk.ru).

T. V. Chibikova (Omsk, Russian Federation) – candidate of history sciences, associate professor, assistant professor of the Organization of the Scientific Production and Management Department of Omsk State Technical University, Omsk, e-mail: tchibikova@bk.ru.

Крумина Ксения Васильевна (Омск, Россия) – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Организация и управление наукоемкими производствами» ФГБОУ-ВО «Омский государственный технический университет» (644050, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: krum_x@mail.ru).

K.V. Krumina (Omsk, Russian Federation) – candidate of economics sciences, associate professor, assistant professor of the Organization of the Scientific Production and Management Department of Omsk State Technical University, Omsk, e-mail: krum_x@mail.ru.

.....

Требования по оформлению рукописей, направляемых в научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ»

Для публикации принимаются рукописи по направлениям: **Транспортное, горное и строительное машиностроение; Транспорт; Строительство и архитектура; Информатика, вычислительная техника и управление; Экономические науки.**

Рукопись должна быть оригинальной, не опубликованной ранее в других печатных изданиях, написана в контексте современной литературы, обладать новизной и соответствовать профилю журнала. Автор отвечает за достоверность сведений, точность цитирования и ссылок на официальные документы и другие источники. Редакция принимает на себя обязательство ограничить круг лиц, имеющих доступ к присланной в редакцию рукописи, сотрудниками редакции, членами редколлегии, а также рецензентами данной работы.

1. Заголовок. На первой странице указываются: индекс по универсальной десятичной классификации (УДК) (размер шрифта 10 пт) – слева в верхнем углу; Далее по центру полужирным шрифтом размером 12 пт прописными буквами печатается название статьи, ниже обычным шрифтом (12 пт.) – инициалы, фамилия автора, место работы и наименование города и страны. **Заглавие авторского материала,** поступающего в редакцию, на русском и английском языках, должно быть адекватным его содержанию и по возможности кратким.

2. Аннотация. Статья должна иметь развернутую аннотацию (не менее 500 символов) на русском и английском языках. Начинается словом «**Аннотация**» с прописной буквы (шрифт полужирный, курсив, 10 пт); точка; затем с прописной буквы текст (курсив, 10 пт). Аннотация не должна содержать ссылки на разделы, формулы, рисунки, номера цитируемой литературы.

3. Ключевые слова размещаются после аннотации, на русском и английском языках (не более 5 семантических единиц).

4. Содержание научной (практической) статьи должны включать:

- **вводную часть**, где автором обосновывается актуальность темы и целесообразность ее разработки, определяются цель и задачи исследования;

- **основную часть статьи**, разделенную на поименованные разделы, где автором на основе анализа и синтеза информации раскрываются процессы и методы исследования проблемы и разработки темы, подробно приводятся результаты проведенного исследования;

- **заключительная часть**, где автором формулируются выводы, даются рекомендации, раскрываются результаты исследования, содержащие научную новизну, указываются возможные направления дальнейших исследований.

По тексту обязательны **ссылки на источники информации** оформляются числами, заключенными в квадратные скобки (например [1]). Библиографические описания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 и тщательно выверяются. Если ссылка на источник информации в тексте статьи повторяется, то повторно в квадратных скобках указывается его номер из списка (без использования в библиографическом списке следующего порядкового номера и ссылки «Там же»). В случае, когда ссылаются на различные материалы из одного источника, в квадратных скобках указывают каждый раз еще и номер страницы, например, [1, с. 17] или [1, с. 28–29].

5. Библиографический список. Печатается по центру ниже основного текста и через строку помещается пронумерованный перечень источников в порядке ссылок по тексту. Желательно, чтобы для статьи объемом в 5-7 страниц количество ссылок в библиографическом списке было не менее 8. Отсутствие необоснованного самоцитирования: доля ссылок на статьи авторов рукописи, изданные ранее, не должно превышать 25% от общего количества ссылок.

6. Библиографический список на латинице (References).

7. Информация об авторах (на русском / английском языке) Места работы всех авторов, их должности и контактная информация (если есть электронные адреса, обязательно указать их).

Правила оформления рукописи:

Объем рукописи должен быть не менее **8 страниц основного текста**. 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 допускается на знаках «плюс» и «минус», реже – на знаке «умножение». Эти знаки повторяются в начале и в конце переноса. Формулы следует нумеровать (нумерация сквозная по всей работе арабскими цифрами). Номер формулы заключают в круглые скобки у правого края страницы. **Рисунки, схемы и графики** предоставляются в электронном виде включенными в текст, в стандартных графических форматах с обязательной подрисовочной подписью, и отдельными файлами с расширением (**JPEG, GIF, BMP**). Должны быть пронумерованы (Таблица 1 – Заголовок, Рис. 1. Наименование), озаглавлены (таблицы должны иметь заглавие, выравнивание по левому краю, а иллюстрации – подрисовочные подписи, выравнивание по

центру). В основном тексте должны содержаться лишь ссылки на них: **на рисунке 1....., Рисунки и фотографии** должны быть ясными и четкими, с хорошо проработанными деталями с учетом последующего уменьшения. При представлении цветных рисунков автор должен предварительно проверить их качество при использовании черно-белой печати. **Таблицы** предоставляются в редакторе Word. **Отсканированные версии рисунков, схем, таблиц и формул не допускаются.**

В редакцию необходимо предоставить следующие материалы:

- текст рукописи на русском языке в электронном и бумажном виде. (в редакторе Microsoft Office Word 2003 – шрифт "Arial" (10 пт), отступ первой строки 0,6 см, межстрочный интервал одинарный. с подписью авторов, с фразой: **«статья публикуется впервые» и датой;**

- **регистрационную карту автора:** фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, ученое звание, должность, название организации, служебный адрес, телефон, e-mail;

- **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, требующей доработки, письмо с текстом замечаний. К доработанной статье может быть приложено письмо от авторов, содержащее ответы на замечания.

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»

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»,

издательско-полиграфический комплекс: 644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая, д 1.

Тел. (3812) 65-88-30.

Редактор «Вестника СибАДИ» – Федосеев Елен Сергеевна

Поступившие в редакцию материалы не возвращаются.

Гонорары не выплачиваются.

Все статьи публикуются бесплатно.

Информация о научном рецензируемом журнале «Вестник СибАДИ» размещена на сайте: <http://vestnik.sibadi.org>