

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

ВЕСТНИК СИБАДИ

Том 15, № 1. 2018. Сквозной номер выпуска – 59
(Vol. 15, no. 1. 2018. Continuous issue – 59)

Главный редактор **Жигадло А.П.**, д-р пед. наук, канд. техн. наук, доц., член-кор. АВН, ректор ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Editor-in-Chief, **Zhigadlo A.P.**, Doctor of Pedagogics, Doctor of Science, Associate Professor, Corresponding Member of Academy of Military Science, Rector of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Транспортное, горное и строительное машиностроение

Галдин Н.С., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия
Корытов М.С., д-р техн. наук, доц., проф. ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Транспорт

Певнев Н.Г., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия
Витвицкий Е.Е., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Строительство и архитектура

Сиротюк В.В., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия
Чулкова И.Л., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Информатика, вычислительная техника и управление

Чуканов С.Н., д-р тех. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия
Мещеряков В.А., д-р техн. наук, доц., проф. ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Экономические науки

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

EDITORIAL BOARD

Transport, mining and mechanical engineering

Galdin N.S., Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Korytov N.S., Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

Transport

Pevnev N.G., Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Vitvitskiy E.E., Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

Construction and architecture

Sirotyuk V.V., Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Chulkova I.L., Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

Informatics, Computer Science and Management

Chukanov S.N., Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Meshcheryakov V.A., Doctor of Science, Associate Professor, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

Economics

Mochalin S.M., Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Khairova S.M., Doctor of Economics, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Корчагин П.А., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия
Щербakov В.С., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия
Ваклав Скала, профессор University of West Bohemia, г. Пльзень, Чехия
Винников Ю.Л., д-р техн. наук, проф., Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка, г. Полтава, Украина
Горынин Г.Л., д-р физ.-мат. наук, проф., ФГБОУ ВО «СурГУХМАО-ЮГРЫ», г. Сургут, Россия
Жусупбеков А.Ж., д-р техн. наук, проф., член-кор. Национальной инженерной академии Республики Казахстан, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан
Карпов В.В., д-р экон. наук, проф., Омский филиал ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», г. Омск, Россия
Немировский Ю.В., д-р физ.-мат. наук, проф. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича» Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Россия
Подшивалов В.П., д-р техн. наук, проф., Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь
Хмара Л.А., д-р техн. наук, проф., Приднепровская государственная академия Строительства и Архитектуры, г. Днепрпетровск, Украина
Эдвин Козневски, д-р техн. наук, проф., г. Белосток, Польша
Боброва Т.В., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

MAIN EDITORIAL BOARD

Korchagin P. A., Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Shcherbakov V.S., Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Václav Skala, Professor of University of West Bohemia, Plsen, Czech Republic
Vinnikov Yu. L., Doctor of Science, Poltava National Technical University by Yuri Kondratyuk, Poltava, Ukraine
Gorynin G. L., Doctor of Phys.-Math. of Sciences, prof., of "SurGUHMAO-Yugra", Surgut, Russia
Zhusupbekov A.Zh., Doctor of Science, Professor, Corresponding Member of National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, ENU by L.N. Gumilev, Astana, Kazakhstan
Karpov V.V., Dr. of Econ. , Professor, Omsk Branch of the Federal State Educational Establishment of Finance of the Russian Federation "Financial University under the Government of the Russian Federation", Omsk, Russia
Nemirovsky Yu.V., Doctor of Phys.-Math. Sciences, professor Federal State Budgetary Institution of Science "The Institute of Theoretical and Applied Mechanics by S.A. Khristianovich" of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia
Podshivalov V.P., Doctor of Science, Professor, Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus
Khmara L.A., Dr. Tech. , Professor, Pridneprovskaya State Academy of Construction and Architecture, Dnepropetrovsk, Ukraine
Edwin Koźniewski, Doctor of Science, Professor, Bialystok, Poland
Bobrova T.V., Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

Леонович С.Н., д-р техн. наук, проф., Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь
Гумаров Г.С., д-р техн. наук, проф., член-кор. Российской Академии Естествознания, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Республика Казахстан
Шаршембиев Ж.С., д-р техн. наук, проф., Кыргызский Национальный аграрный университет имени К.И. Скрябина, г. Бишкек, Киргизская Республика
Якунин Н.Н., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург, Россия
Ефименко В.Н., д-р техн. наук, проф., Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия
Якунина Н.В., д-р техн. наук, доц., проф., ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург, Россия
Куршакова Н.Б., д-р экон. наук, проф., ОмГУПС (ОМИИТ), г. Омск, Россия
Корнеев С.В., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск, Россия
Миллер А.Е., д-р экон. наук, проф., ФГБОУ ВО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского», г. Омск, Россия
Романенко Е.В., канд. экон. наук, доц., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия
Хомченко В.Г., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск, Россия
Боровик В.С., д-р техн. наук, проф., Волгоградский научно-технический центр, г. Волгоград, Россия
Коротаев Д.Н., д-р техн. наук, доц., проф. ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия
Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф., член-кор. РААСН, БГТУ им. Шухова, г. Белгород, Россия
Савельев С.В., д-р техн. наук, доц., проф. ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия
Корягин М.Е., д-р техн. наук, доц., ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», г. Новосибирск, Россия
Рассоха В.И., д-р техн. наук, доц., проф., ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург, Россия
Кондратенко А.С., канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)», ИГД СО РАН, г. Новосибирск, Россия
Маткеримов Т.Ы., д-р техн. наук, проф., КГТУ им. И. Раззакова, г. Бишкек, Киргизская Республика
Курганов В.М., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь, Россия
Матвеев С.А., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Leonovich S.N., Doctor of Science, Professor, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus
Gumarov G.S., Doctor of Science, Professor, member-cor. Russian Academy of Natural History, Eurasian National University. L.N. Gumilev, Astana, Republic of Kazakhstan
Sharshembiev Zh.S., Doctor of Science, Professor, Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Scriabin, Bishkek, Kyrgyz Republic
Yakunin N.N., Doctor of Science, Professor, FGBOU VO "Orenburg State University", Orenburg, Russia
Efimenko V.N., Doctor of Science, Professor, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, Russia
Yakunina N.V., Doctor of Science Sci., Assoc., Prof., FGBOU VO "Orenburg State University", Orenburg, Russia
Kurshakova N.B., Dr. Econ. of Sciences, Professor, OmGUPS (Omit), Omsk, Russia
Korneev S.V., Doctor of Science, Professor, FGBOU V Omsk State Technical University, Omsk, Russia
Miller A.E., Dr. Econ. Sciences, Professor, FGBOU VO "Omsk State University. F.M. Dostoevsky", Omsk, Russia
Romanenko E.V., Cand. econ. in Science, Assoc., FGBOU V SibADI, Omsk, Russia
Khomchenko V.G., Doctor of Science, Professor, FGBOU V Omsk State Technical University, Omsk, Russia
Borovik V.S., Doctor of Science, Professor, Volgograd Science and Technology Center, Volgograd, Russia
Korotaev D.N., Doctor of Science, Assoc. Professor FGBOU IN SIBADI, Omsk, Russia
Lesovik V.S., Doctor of Science, Professor, member-cor. RAASN, BSTU them. Shukhova, Belgorod, Russia
Saveliev S.V., Doctor of Science, Assoc. Professor FGBOU IN SIBADI, Omsk, Russia
Koryagin M.E., Doctor of Science, Associate Professor, FGBOUVO "Siberian State Transport University", Novosibirsk, Russia
Rassokha V.I., Doctor of Science, Assoc., Professor, FGBOU VO "Orenburg State University", Orenburg, Russia
Kondratenko A.S., Cand. tech. FGBOU VO "Siberian State University of Railway Transport (SGUPS)", IGD SB RAS, Novosibirsk, Russia
Matkerimov T.I., Doctor of Science, Professor, KSTU them. I. Razzakova, Bishkek, Kyrgyz Republic
Kurganov V.M., Doctor of Science, Professor, FGBOU VO "Tver State University", Tver, Russia
Matveev S.A., Doctor of Science, Professor, FGBOU V SibADI, Omsk, Russia

Адрес издателя: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5. Тел. +7 (3812) 65-23-45;
 режим доступа: vestnik.sibadi.org; e-mail: vestnik_sibadi@sibadi.org

Учредитель ФГБОУ ВО «СибАДИ». Адрес учредителя: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-70364 от 13 июля 2017 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 (АО Агентства "РОСПЕЧАТЬ"). С 2017 г. всем номерам и статьям журнала присваиваются идентификаторы цифровых объектов (DOI), данные о которых размещены в электронной версии на сайте vestnik.sibadi.org. Редакционный блок осуществляет экспертную оценку, рецензирование и проверку статей на плагиат.

Подписано в печать 15.02.2018 г. Дата выхода в свет 16.02.2018. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Arial. Печать оперативная. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 20,00. Тираж 500 экз. Заказ 500 экземпляров. Отпечатано в типографии ИПК ФГБОУ ВО «СибАДИ» 644080, г. Омск, пр. Мира, 5.

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2018

РАЗДЕЛ I.

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

П.В. Бословяк, Е.Н. Толкачев

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИВОДНОЙ
ПОДВЕСКИ КОНВЕЙЕРА С ПОДВЕСНОЙ ЛЕНТОЙ
И РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ПРИВОДОМ..... 8**

С.А. Горожанкин, Н.В. Савенков, В.В. Понякин

**ВЛИЯНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОГО ЧИСЛА ГЛАВНОЙ ПЕРЕДАЧИ
НА ТОПЛИВНУЮ ЭКОНОМИЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ
В ЕЗДОВОМ ЦИКЛЕ..... 19**

М.С. Корытов, В.С. Щербаков

**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ СУПЕРПОЗИЦИИ ПЛОСКИХ МОДЕЛЕЙ
МОСТОВОГО КРАНА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ГАШЕНИЯ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА 29**

Ю.К. Машков, О.А. Кургузова, А.С. Рубан

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ
ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ 36**

М.К. Шушубаева, В. В. Михеев, С.В. Савельев

**К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ВИБРАЦИОННЫХ КАТКОВ 46**

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

В.О. Громалова, А.И. Федотов, В.Г. Зедгенизов, С.М. Гергенов

**К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВНЕШНИХ СВЕТОВЫХ
ПРИБОРОВ ХИМИЧЕСКИМИ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ
НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ 55**

С.М. Мочалин, М.Е. Каспер

**ВЫБОР МЕТОДА ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМ В ТЕОРИИ ПАССАЖИРСКИХ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК 60**

Г.Г. Мусаелянц, Е.А. Павленко, Д.К. Сысоев

**СПОСОБ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
С ВПРЫСКОМ ТОПЛИВА С ВЫЯВЛЕНИЕМ КОНКРЕТНЫХ
НЕИСПРАВНОСТЕЙ..... 69**

А.Х. Толебаева, Е.Е. Витвицкий

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК
СОБСТВЕННЫХ ГРУЗОВ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕЛКИМИ ОТПРАВКАМИ
В ГОРОДАХ 77**

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА*Ю.В. Краснощеков*

УЧЕТ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОСТОЯННЫХ НАГРУЗОК ПРИ РАСЧЕТЕ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	88
---	-----------

Ю.В. Столбов, С.Ю. Столбова, Л.А. Пронина, А.И. Уваров

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ.....	97
---	-----------

РАЗДЕЛ IV.**ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ***С.В. Шилкина, Е.Н. Фокина*

КОНТРОЛЛЕР НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ В УПРАВЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	106
--	------------

РАЗДЕЛ V. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ*Ю.В. Баранов*

ИННОВАЦИОННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ПОНЯТИЙ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ТРУДА	115
---	------------

А.М. Киселева

МИГРАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ: МОЛОДЕЖНЫЙ АСПЕКТ	121
--	------------

А.Е. Миллер, Т.И. Реутова

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	132
--	------------

В.С. Половинко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДЕЛИ РЕГУЛИРОВАНИЯ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕГИОНЕ (НА ПРИМЕРЕ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ).....	140
--	------------

Л.В. Эйхлер

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННОГО АНАЛИЗА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ФИНАНСОВЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ.....	149
--	------------

CONTENTS

PART I. TRANSPORT, MINING AND MECHANICAL ENGINEERING

P.V. Boslovyak, E.N. Tolkachev

**MATHEMATICAL MODEL OF METAL CONSTRUCTION OPTIMIZATION
OF DRIVE CONVEYOR WITH THE SUSPENDED BELT AND DISTRIBUTED
DRIVE 17**

S.A. Gorozhankin, N.V. Savenkov, V.V. Ponyakin

**INFLUENCE OF MAIN GEARRATIO ON CAR FUEL EFFICIENCY
IN THE DRIVE CYCLE..... 27**

M.S. Korytov, V.S. Shcherbakov

**ACCURACY EVALUATION OF THE BRIDGE CRANE FLAT MODELS'
SUPERPOSITION AT MODELING THE SATURATION OF CARGO SPATIAL
VIBRATIONS 34**

Yu.K. Mashkov, O.A. Kurguzova, A.S. Ruban

**RESISTANT POLYMER NANOCOMPOSITES' DEVELOPMENT
AND INVESTIGATION 44**

M.K.Shushubaeva, V. V. Miheev, S.V. Savelev

**TO THE QUESTION OF VIBRO-EXCITER'S ENERGY EFFICIENCY
INCREASING FOR VIBRATING COMPACTORS IN THE SPHERE
OF ROAD CONSTRUCTION 53**

PART II. TRANSPORT

V.O. Gromalova, A.I. Fedotov, V.G. Zedgenizov, S.M. Gerganov

**INFLUENCE OF EXTERNAL LIGHTING POLLUTION BY THE CHEMICAL
DEICING MATERIALS ON TRAFFIC SAFETY OF THE MOTOR VEHICLES58**

S.M. Mochalin, M.E. Kasper

**EVALUATING METHODS' APPLICATION OF COMPLEX SYSTEMS'
EFFECTIVENESS IN THE AUTOMOBILE PASSENGER TRANSPORT
THEORY 67**

G.G. Musayelyants, E.A. Pavlenko, D.K. Sysoyev

**DIAGNOSING METHOD OF SPECIFIC FAULTS' IDENTIFYING
OF GASOLINE ENGINES WITH FUEL INJECTION 75**

A.Kh. Tolebayeva, E.E. Vitvitskiy

**OPERATIONAL PLANNING IMPROVEMENT OF ENTERPRISES
GOODS' CARRIAGE BY SMALL SHIPMENTS IN THE CITIES 86**

PART III. CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Y.V. Krasnoshchekov

**ACCOUNTING OF CONSTANT LOADS' VARIABILITY IN CALCULATION
OF BUILDINGS' AND STRUCTURES' CONSTRUCTIONS 96**

Y.V. Stolbov, S.Y. Stolbova, L.A. Pronina, A.I. Uvarov

**THE ACCURACY INVESTIGATION OF THE HIGH POSITION OF THE ROAD
COVERAGE SURFACE WITH THE DIFFERENT GEODESIC
DEVICES' APPLICATION..... 104**

PART IV.	
COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT	
<i>S.V. Shilkina, E.N. Fokina</i>	
THE CONTROLLER OF FUZZY LOGIC IN THE MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES.....	112
PART V. ECONOMICS	
<i>Y.V. Baranov</i>	
INNOVATION CHANGE OF TERMS' DEFINITION IN LABOR PROTECTION SPHERE.....	119
<i>A.M. Kiseleva</i>	
OMSK REGION MIGRATION SECURITY. YOUTH ASPECT.....	131
<i>A.E. Miller, T.I. Reutova</i>	
STATE AND DEVELOPMENT EVALUATION OF PRODUCTION TECHNOLOGIES IN THE MANUFACTURING INDUSTRY	139
<i>V.S.Polovinko</i>	
GENERAL CHARACTERISTICS OF MIGRATION PROCESSES' REGULATION IN THE REGION (ON THE BASIS OF OMSK REGION).....	147
<i>L.V. Eihler</i>	
USAGE OF THE OPERATIONAL ANALYSIS IN FINANCIALS' MANAGEMENT OF THE CARRIER	156

РАЗДЕЛ I. ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.867

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИВОДНОЙ ПОДВЕСКИ КОНВЕЙЕРА С ПОДВЕСНОЙ ЛЕНТОЙ И РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ПРИВОДОМ

П.В. Бословяк¹, Е.Н. Толкачев²

¹ФГБОУ ВО «МГТУ имени Н.Э. Баумана», г. Москва, Россия;

²ЗАО «Брянский Арсенал», г. Брянск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Статья посвящена актуальному вопросу, связанному с оптимизацией металлоконструкции приводных подвесок конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом. В работе кратко отражаются текущие направления научно-исследовательской и проектно-конструкторской работы, проводимой в области разработки конвейеров с подвесной лентой и распределенным приводом.

Методы и материалы. Главное внимание сосредоточено на конструкции приводных подвесок конвейера, условиях работоспособности, заключающихся в обеспечении достаточной тяги и сцепления, а также недостатках существующих конструкций роликовых подвесок. Представлено оригинальное техническое решение роликовой подвески, оборудованной индивидуальным приводом в виде мотор-редуктора и устройством прижатия ведущего ролика, описаны ее главные преимущества.

Результаты. Авторами разработана и представлена математическая модель, позволяющая выполнить оптимизацию металлоконструкции одного из наиболее металлоемких элементов – несущей секции приводной подвески с учетом конструктивных, прочностных и жесткостных ограничений.

Обсуждение. Рассмотрена реализация предложенной математической модели: на примере базовой конструкции конвейера выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния металлоконструкции приводной подвески. Установлено, что базовая приводная подвеска обладает избыточной прочностью, массой и превышенными геометрическими параметрами стержней.

Заключение. Сделан вывод о необходимости проведения многокритериальной оптимизации металлоконструкции приводной подвески, а также исследования влияния параметров конфигурации приводной подвески на ее массогабаритные характеристики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ленточный конвейер, математическая модель, подвесная лента, подвеска, оптимальное проектирование, распределенный привод, рациональные параметры, система ограничений.

ВВЕДЕНИЕ

Нынешние тенденции развития конвейерного транспорта предполагают разработку экономически-эффективных, высокопроизводительных, надежных машин, обеспечивающих бесперегрузочное транспортирование

грузов по трассам различной сложности и протяженности [1]. Достаточно современным, разработанным и испытанным в производственных условиях в начале текущего века является конвейер с подвесной лентой (КПЛ) [2]. Отличающийся оригинальной конструк-

цией, сочетающей конструктивные признаки классических ленточных конвейеров и рельсового транспорта, он обладает рядом неотъемлемых преимуществ [3], выявленных за продолжительное время эксплуатации. Тем не менее жесткие замкнутые направляющие качения, длину которых сложно изменять в процессе работы конвейера, создают определенные трудности регулирования натяжения конвейерной ленты и установки промежуточного привода на трассе, что в совокупности накладывает ограничение на протяженность конвейерной установки.

Решение обозначенной проблемы появилось с разработкой новой конструкции конвейера с принципиально переработанной кинематической схемой. КПЛ с распределенным приводом не имеет стационарно сосредоточенных приводной и натяжной станций и отличается тем, что определенная часть подвесок оборудована встроенными индивидуальными приводными механизмами, которые получают питание от электрического шинпровода и обеспечивают перемещение грузонесущей ленты [4]. Конструкция КПЛ с распределенным приводом к настоящему времени частично реализована в виде экспериментального стенда [5]. Отдельными научными работниками осуществляется проектно-конструкторская проработка возможных технических решений, а также проводятся научно-исследовательские работы. Так, к настоящему времени известны некоторые варианты исполнения конвейеров, привод которых работает по распределенной схеме [4; 6, 7, 8]. Методика приближенного расчета [4], составленные математические модели структурной группы – подвесок дискретного участка [6, 9] и всего КПЛ с распределенным приводом [8, 10, 11], а также результаты исследования некоторых рациональных конструктивных параметров [12, 13, 14] представлены в ранних научных публикациях.

Особую роль в конструкции КПЛ с распределенным приводом играют роликовые подвески: приводные и не приводные. С одной стороны, они являются основными несущими элементами, удерживающими ленту с грузом в подвешенном между симметричных замкнутых направляющих качения положении, и служат для перемещения по соответствующим направляющим вдоль трассы. С другой – осуществляют тяговую функцию посредством приведения механической системы в движение ведущими подвесками, оборудованными индивидуальными приводными механизмами. Следовательно, особенностями конструкции и совокупностью технических характеристик

подвесок определяется работоспособность всей конвейерной установки.

Пространственная конфигурация, конструктивные особенности, геометрические параметры подвесок определяются формой и размерами поперечного сечения направляющих качения. К настоящему времени известно широкое разнообразие конструкций подвесок КПЛ [2, 13, 15], отличающихся конфигурацией несущей металлоконструкции (МК), количеством и типом роликов, видом привода, исполнением узла крепления ленты. Тем не менее значительная часть представленных подвесок обладает следующими недостатками: не предназначены для использования в конвейере с вертикально-замкнутой конфигурацией трассы; отличаются сложностью используемого профиля направляющих качения; не обладают достаточной устойчивостью к перекосам; не обеспечивают качественного сцепления приводного ролика с направляющей качения; не предусматривают оснащения конструкции встроенным индивидуальным приводом.

Учитывая, что тяговое усилие приводных подвесок КПЛ с распределенным приводом реализуется посредством фрикционной передачи от ведущего ролика направляющей качения, то для передвижения без проскальзывания ведущего ролика важно обеспечить его качественное и надежное сцепление с поверхностью ходового пути. Поэтому существующий ряд конструктивных исполнений подвесок дополняется новыми техническими решениями.

Так, коллективом авторов была разработана конструкция приводной подвески КПЛ с распределенным приводом, используемая в сочетании с направляющими качения прямоугольной формы поперечного сечения (см. рисунок 1) [13]. В совокупности такая геометрическая конфигурация способствует сохранению устойчивости подвески к угловым перекосам на всем протяжении трассы. Вертикальная пространственная ориентация ведущего ролика исключает возможное повышение сопротивления от сил трения скольжения, действующих на концевых поворотных участках, в случае его горизонтального расположения. Двухсекционное устройство ведущих подвесок позволяет распределить основную нагрузку от ленты и транспортируемого груза между элементами несущей секции (НС). При этом нагрузка от массы прижимной секции и усилия пружин устройства прижатия ведущего ролика подвески воспринимается подшипниковыми опорами, а радиальная нагрузка на элементы мотор-редуктора исключается. Кро-

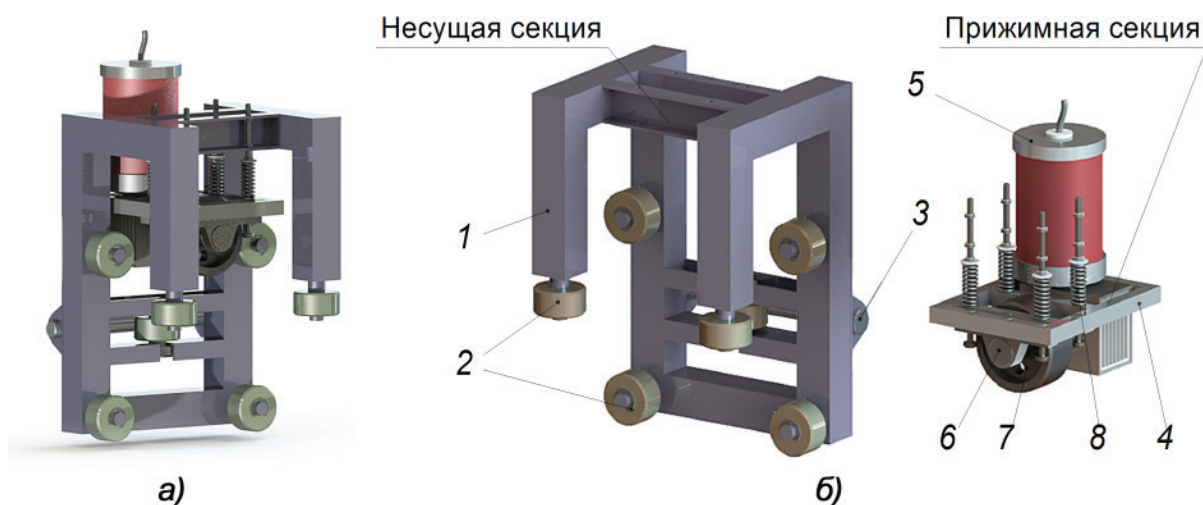


Рисунок 1 – Приводная подвеска конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом:

а – общий вид; б – компоновочная схема;

1 – металлоконструкция несущей секции;

2 – холостые ролики; 3 – ось узла крепления ленты; 4 – металлоконструкция прижимной секции;

5 – мотор-редуктор; 6 – подшипниковые роlikопоры; 7 – приводной ролик; 8 – прижимное устройство

Figure 1 – Drive suspension of conveyor with hanging belt and distributed drive:

a – is a general view; b – layout scheme;

1 – metal structure of the bearing section; 2 – idler rollers; 3 – the axis of the fastening point of the tape;

4 – metal clamping of the clamping section; 5 – motor-reducer; 6 – bearing rollers; 7 – a driving roller; 8 – clamping device

ме того, расположение привода в отдельной секции, оборудованной прижимным устройством, обеспечивает качественное сцепление ведущего ролика с направляющей качения на всем протяжении трассы, в особенности при движении по холостой ветви, когда подвески перевернуты.

Исследования влияния конструктивных параметров подвесок на динамические характеристики конвейера показали, что масса приводных подвесок имеет существенное значение, в особенности при увеличении их количества на трассе [12, 14]. Поэтому достаточно актуальной является задача минимизации массы при обеспечении оптимального сочетания ее геометрических параметров, сохранении прочности и жесткости конструкции. Проанализируем напряженно-деформируемое состояние МК НС приводной подвески КПЛ с распределенным приводом, а также сформируем математическую модель для проведения последующей оптимизации.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

На начальном этапе разработки методики оптимального проектирования МК НС приводной подвески КПЛ с распределенным приводом была сформирована структурная схема (см. рисунок 2).

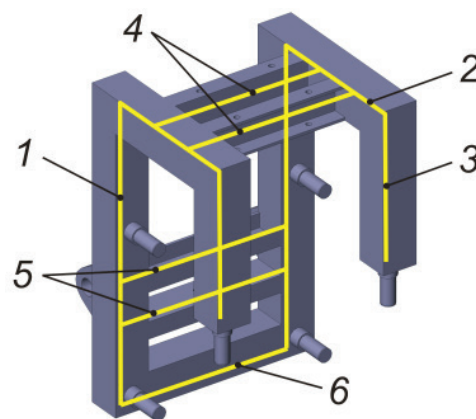


Рисунок 2 – Структурная схема металлоконструкции неприводной секции приводной подвески конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом

Figure 2 – Structural diagram of the steel structure of the non-drive section of the drive suspension of the conveyor with hanging belt and distributed drive

Металлоконструкция НС приводной подвески состоит из стержней трех групп: продольных (4, 5, 6); поперечных (2); вертикальных (1, 3). Масса НС приводной подвески КПЛ с распределенным приводом определяется зависимостью

$$m_{\Pi} = 2 \left(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + \frac{m_6}{2} \right). \quad (1)$$

Масса отдельного стержня МК НС приводной подвески зависит от геометрических размеров профиля поперечного сечения. Возможные профили стержней и расчетные зависимости для нахождения их масс представлены в таблице 1.

Конвейер с подвесной лентой с распределенным приводом может иметь трассу произвольной протяженности, сложности и конфигурации, содержащей прямолинейные, наклонные и поворотные участки. Проанализировав ключевые положения приводной подвески на трассе, были выявлены возможные расчетные случаи и действующие нагрузки на МК НС приводной подвески (см. рисунок 3).

Конфигурация МК НС приводной подвески КПЛ с распределенным приводом характеризуется совокупностью значений – геометрическими характеристиками ее отдельных конструктивных элементов (размерами поперечного сечения и длинами стержней МК). Часть из них остается не измененной в ходе поиска оптимального результата, т.к. в процессе оптимизации этими параметрами либо невозможно, либо нецелесообразно управлять. К числу таких характеристик относятся

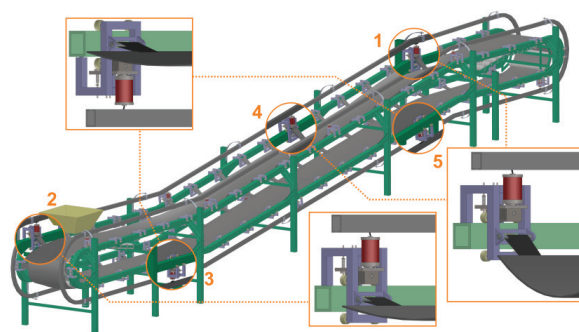


Рисунок 3 – Ключевые положения приводной подвески на трассе:

- 1 – на горизонтальном участке грузовой ветви с желобчатой поперечной формой ленты;
 - 2 – на горизонтальном участке грузовой ветви с выположенной поперечной формой ленты;
 - 3 – на горизонтальном участке холостой ветви с выположенной поперечной формой ленты;
 - 4 – на наклонном участке грузовой ветви с желобчатой поперечной поперечного сечения ленты;
 - 5 – на наклонном участке холостой ветви с выположенной поперечной формой ленты
- Figure 3 – Key positions of the drive suspension on the track:
- 1 – on the horizontal section of the freight branch with a grooved transverse belt shape;
 - 2 – on the horizontal section of the freight branch with the transverse belt shape installed;
 - 3 – on the horizontal section of the idle branch with the transverse form of the belt installed;
 - 4 – on an inclined section of a freight branch with a grooved cross-section of the belt;
 - 5 – on the inclined section of the idle branch with the transverse form of the belt

Таблица 1
ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА МАССЫ МК НС ПРИВОДНОЙ ПОДВЕСКИ [17]
Table 1
FORMULAS FOR CALCULATING MASSES OF MK NA DRIVE SUSPENSION [17]

Деталь МК подвески	Масса детали МК при форме поперечного сечения в виде					
	прямоугольной трубы	швеллера	уголка	круглой трубы	круглого сечения	прямоугольного сечения
Вертикальный стержень 1	$2\rho_1 l_1 t_1 (a_1 + b_1 - 2t_1)$	$\rho_1 l_1 [e_1 (d_1 - 2f_1) + 2c_1 f_1]$	$\rho_1 l_1 s_1 (h_1 + g_1 - s_1)$	$\pi \rho_1 l_1 k_1 (D_1 - k_1)$	$\pi \rho_1 l_1 E_1^2 / 2$	$\pi \rho_1 l_1 u_6 w_6$
Поперечный стержень 2	$2\rho_2 l_2 t_2 (a_2 + b_2 - 2t_2)$	$\rho_2 l_2 [e_2 (d_2 - 2f_2) + 2c_2 f_2]$	$\rho_2 l_2 s_2 (h_2 + g_2 - s_2)$	$\pi \rho_2 l_2 k_2 (D_2 - k_2)$	$\pi \rho_2 l_2 E_2^2 / 2$	$\pi \rho_2 l_2 u_6 w_6$
Вертикальный стержень 3	$2\rho_3 l_3 t_3 (a_3 + b_3 - 2t_3)$	$\rho_3 l_3 [e_3 (d_3 - 2f_3) + 2c_3 f_3]$	$\rho_3 l_3 s_3 (h_3 + g_3 - s_3)$	$\pi \rho_3 l_3 k_3 (D_3 - k_3)$	$\pi \rho_3 l_3 E_3^2 / 2$	$\pi \rho_3 l_3 u_6 w_6$
Продольный стержень 4	–	$\rho_4 l_4 [e_4 (d_4 - 2f_4) + 2c_4 f_4]$	$\rho_4 l_4 s_4 (h_4 + g_4 - s_4)$	–	–	–
Продольный стержень 5	–	$\rho_5 l_5 [e_5 (d_5 - 2f_5) + 2c_5 f_5]$	$\rho_5 l_5 s_5 (h_5 + g_5 - s_5)$	–	–	–
Продольный стержень 6	$2\rho_6 l_6 t_6 (a_6 + b_6 - 2t_6)$	$\rho_6 l_6 [e_6 (d_6 - 2f_6) + 2c_6 f_6]$	$\rho_6 l_6 s_6 (h_6 + g_6 - s_6)$	$\pi \rho_6 l_6 k_6 (D_6 - k_6)$	$\pi \rho_6 l_6 E_6^2 / 2$	$\pi \rho_6 l_6 u_6 w_6$

Здесь ρ_i – плотность материала детали; l_i – длина i -го конструктивного элемента металлоконструкции (рисунок 2); a, b – стороны прямоугольной трубы; t – толщина стенки прямоугольной трубы; d – высота швеллера; c, f – ширина полки швеллера; e, f – толщина стенки и полки швеллера; s – толщина полки уголка; h, g – ширина большей и меньшей полки уголка; k – толщина стенки круглой трубы; D – наружный диаметр круглой трубы; E – диаметр круглого сечения; u, w – стороны прямоугольного сечения

те, которые либо определяются другими параметрами металлоконструкции, либо уже определены на предыдущих этапах расчета или указаны в техническом задании на проектирование. К параметрам, которые необходимо учитывать при расчете и проектировании МК и которыми невозможно управлять, относятся также эксплуатационные нагрузки, режимы и условия работы, определяемые техническим заданием на проектирование конвейера [17].

Помимо неуправляемых существуют управляемые параметры, которыми возможно варьировать для поиска оптимального результата. Из них формируется вектор неизвестных размеров $\{x\}$, подлежащих определению в процессе оптимизации. Вектор управляемых $\{x\}$ и вектор неуправляемых $\{z\}$ параметров полностью определяют геометрические характеристики оптимальной МК НС приводной подвески.

Постановка задачи условной параметрической оптимизации МК НС приводной подвески КПЛ с распределенным приводом заключается в подборе таких варьируемых параметров, при которых масса МК НС приводной подвески получается минимальной при соблюдении конструктивных, прочностных и жесткостных ограничений. Составляется математическая модель, включающая целевую функцию (2), с накладываемой на нее системой ограничений (3), (4), (5).

$$C(\{x\}, \{z\}) \rightarrow \min; \quad (2)$$

$$e_m(\{x\}, \{z\}) \geq 0, (m=1, \dots, M); \quad (3)$$

$$f_n(\{x\}, \{z\}) \geq 0, (n=1, \dots, N); \quad (4)$$

$$g_p(\{x\}, \{z\}) \geq 0, (p=1, \dots, P), \quad (5)$$

где C – целевая функция (масса МК НС приводной подвески); e_m, f_n, g_p – системы конструктивных, прочностных и жесткостных ограничений соответственно.

В ходе процедуры оптимального проектирования МК НС приводной подвески конвейера проверяется по первой и второй группам предельного состояния.

В целевой функции МК НС приводной подвески реализована возможность учета форм поперечных сечений стержней из широкого ряда стандартных профилей (см. таблицу 1). Посредством коэффициента j_i учитывается наличие ($j_i = 1$) или отсутствие ($j_i = 0$) профиля

поперечного сечения i -й детали в МК НС приводной подвески.

Вектор варьируемых (управляемых) параметров имеет вид

$$\{x\}^T = \{x_1, x_2, \dots, x_{vi}\} = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}, t_{11}, t_{12}, t_{13}, t_{14}, t_{15}, t_{16}, t_{17}, t_{18}, t_{19}, t_{20}, t_{21}, t_{22}, t_{23}, t_{24}, t_{25}, t_{26}, t_{27}, t_{28}, t_{29}, t_{30}, t_{31}, t_{32}, t_{33}, t_{34}, t_{35}, t_{36}, t_{37}, t_{38}, t_{39}, t_{40}, t_{41}, t_{42}, t_{43}, t_{44}, t_{45}, t_{46}, t_{47}, t_{48}, t_{49}, t_{50}, t_{51}, t_{52}, t_{53}, t_{54}, t_{55}, t_{56}, t_{57}, t_{58}, t_{59}, t_{60}, t_{61}, t_{62}, t_{63}, t_{64}, t_{65}, t_{66}, t_{67}, t_{68}, t_{69}, t_{70}, t_{71}, t_{72}, t_{73}, t_{74}, t_{75}, t_{76}, t_{77}, t_{78}, t_{79}, t_{80}, t_{81}, t_{82}, t_{83}, t_{84}, t_{85}, t_{86}, t_{87}, t_{88}, t_{89}, t_{90}, t_{91}, t_{92}, t_{93}, t_{94}, t_{95}, t_{96}, t_{97}, t_{98}, t_{99}, t_{100}\} \quad (6)$$

где vi – количество управляемых параметров МК НС приводной подвески.

Длины стержней 1, 2, 3 зависят от геометрических размеров профиля поперечного сечения направляющей качения (прямоугольной трубы), по которой перемещается подвеска. Продольные стержни 4, 5, 6 зависят от геометрических параметров прижимной секции, в частности от диаметра приводного ролика и габаритных размеров мотор-редуктора.

В связи с этим вектор неуправляемых параметров имеет вид

$$\{z\}^T = \{z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6\} = \{l_1^r, l_2^r, l_3^r, l_4^r, l_5^r, l_6^r\}. \quad (7)$$

Задача оптимизации металлоконструкции подвески конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом с учетом варьируемых (6) и неуправляемых (7) параметров заключается в минимизации целевой функции вида

$$\begin{aligned} C(\{x\}, \{z\}) = & j_1^n 2\rho_1 z_1^n x_1^n (x_2^n + x_3^n - 2x_1^n) + \\ & + j_1^w \rho_1 z_1^w [x_1^w (x_2^w - 2x_3^w) + 2x_4^w x_3^w] + \\ & + j_1^y \rho_1 z_1^y x_1^y (x_2^y + x_3^y - x_1^y) + \\ & + j_1^{kc} \rho_1 z_1^{kc} x_1^{kc} (x_2^{kc} - x_1^{kc}) + j_1^{kc} \rho_1 z_1^{kc} (x_1^{kc})^2 / 2 + \\ & + j_1^{nc} \rho_1 z_1^{nc} x_1^{nc} x_2^{nc} + \{j_2^n 2\rho_2 z_2^n x_4^n (x_5^n + x_6^n - 2x_4^n) + \\ & + j_2^w \rho_2 z_2^w [x_5^w (x_6^w - 2x_7^w) + 2x_8^w x_7^w] + \\ & + j_2^y \rho_2 z_2^y x_4^y (x_5^y + x_6^y - x_4^y) + j_2^{kc} \rho_2 z_2^{kc} x_3^{kc} (x_4^{kc} - x_3^{kc}) + \\ & + j_2^{nc} \rho_2 z_2^{nc} (x_2^{nc})^2 / 2 + j_2^{nc} \rho_2 z_2^{nc} x_3^{nc} x_4^{nc}\} + \\ & + \{j_3^n 2\rho_3 z_3^n x_7^n (x_8^n + x_9^n - 2x_7^n) + \\ & + j_3^w \rho_3 z_3^w [x_9^w (x_{10}^w - 2x_{11}^w) + 2x_{12}^w x_{11}^w] + \\ & + j_3^y \rho_3 z_3^y x_7^y (x_8^y + x_9^y - x_7^y) + j_3^{kc} \rho_3 z_3^{kc} x_5^{kc} (x_6^{kc} - x_5^{kc}) + \\ & + j_3^{nc} \rho_3 z_3^{nc} (x_3^{nc})^2 / 2 + j_3^{nc} \rho_3 z_3^{nc} x_5^{nc} x_6^{nc}\} + \\ & + \{j_4^w \rho_4 z_4^w [x_{13}^w (x_{14}^w - 2x_{15}^w) + 2x_{16}^w x_{15}^w] + \\ & + j_4^y \rho_4 z_4^y x_{10}^y (x_{11}^y + x_{12}^y - x_{10}^y)\} + \\ & + \{j_5^w \rho_5 z_5^w [x_{17}^w (x_{18}^w - 2x_{19}^w) + 2x_{20}^w x_{19}^w] + \\ & + j_5^y \rho_5 z_5^y x_{13}^y (x_{14}^y + x_{15}^y - x_{13}^y)\} + \\ & + \{j_6^n 2\rho_6 z_6^n x_{10}^n (x_{11}^n + x_{12}^n - 2x_{10}^n) + \\ & + j_6^w \rho_6 z_6^w [x_{13}^w (x_{15}^w - 2x_{16}^w) + 2x_{17}^w x_{16}^w] + \\ & + j_6^y \rho_6 z_6^y x_{10}^y (x_{11}^y + x_{12}^y - x_{10}^y) + j_6^{kc} \rho_6 z_6^{kc} x_7^{kc} (x_8^{kc} - x_7^{kc}) + \\ & + j_6^{nc} \rho_6 z_6^{nc} (x_4^{nc})^2 / 2 + j_6^{nc} \rho_6 z_6^{nc} x_7^{nc} x_8^{nc}\}, \quad (8) \end{aligned}$$

где r – показатель формы поперечного сечения ($r = п$ – прямоугольная труба; $r = ш$ – швеллер; $r = y$ – уголок; $r = k$ – круглая труба; $r = kc$ – круглое сечение; $r = nc$ – прямоугольное сечение); i – элемент узла МК [17].

Конструктивными ограничениями e_m , на-

кладываемыми на целевую функцию $C(\{x\}, \{z\})$, являются геометрические соотношения, связанные с размерами элементов МК НС приводной подвески. Для оптимизируемой конструкции подвески необходимо выполнить ограничения на длины:

– вертикальных стержней l_1 , которые должны быть больше либо равными сумме высоты $H_{\text{пу}}$ устройства прижатия приводного ролика, половины диаметра $D_{\text{пр}}$ приводного ролика, высоты $H_{\text{нк}}$ прямоугольной трубы направляющей качения, конструктивного зазора l_3 между холостым роликом и направляющей качения, половины диаметра холостого ролика d_x :

$$l_1 - H_{\text{пу}} - 0,5D_{\text{пр}} - H_{\text{нк}} - l_3 - 0,5d_x \geq 0; \quad (9)$$

– поперечных стержней l_2 , которые должны быть больше либо равными сумме ширины профиля поперечного сечения $B_{\text{нк}}$ прямоугольной трубы направляющей качения, диаметра холостого ролика d_x , конструктивного зазора l_3 между холостым роликом и направляющей качения:

$$l_2 - B_{\text{нк}} - d_x - l_3 \geq 0; \quad (10)$$

– вертикальных стержней l_3 , которые должны быть больше либо равными сумме высоты $H_{\text{пу}}$ устройства прижатия приводного ролика, половины диаметра $D_{\text{пр}}$ приводного ролика и половине ширины холостого ролика b_x :

$$l_3 - H_{\text{пу}} - 0,5D_{\text{пр}} - 0,5b_x \geq 0; \quad (11)$$

– продольных стержней l_4, l_5 и l_6 , которые должны быть больше диаметра $D_{\text{р}}$ приводного ролика подвески:

$$l_4 - D_{\text{р}} > 0, l_5 - D_{\text{р}} > 0, l_6 - D_{\text{р}} > 0, \quad (12)$$

где $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6$ – длины стержней 1, 2, 3, 4, 5 и 6 соответственно; $H_{\text{пу}}$ – устройства прижатия приводного ролика; $D_{\text{пр}}$ – диаметр приводного ролика; d_x – диаметр холостого ролика; b_x – ширина холостого ролика; $H_{\text{нк}}$ – высота прямоугольной трубы направляющей качения; $B_{\text{нк}}$ – ширина прямоугольной трубы направляющей качения; l_3 – конструктивный зазор между холостым роликом и направляющей качения.

Помимо разработанных конструктивных ограничений, связанных с длинами стержневых элементов, необходимо выполнение условия соответствия размеров поперечных сечений стержней, приведенным в ГОСТе для используемого профиля.

Прочностные ограничения f_n учитывают условия [17, 18].

Жесткостные ограничения заключаются в сохранении величин прогибов f стержневых элементов 1-6 МК НС приводной подвески ниже предельных значений f_u [17, 19].

Процедура оптимального проектирования МК НС приводной подвески КПЛ с распределенным приводом реализуется посредством разработанной целевой функции (8) совместно с системами ограничений (9), (10), (11), (12), (13), (14), (15), (16), (17) при использовании программного комплекса Siemens NX.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проанализируем напряженно-деформированное состояние (НДС) МК НС приводной подвески, расположенной на трассе в расчетном положении 1 (см. рисунок 3) и имеющей технические характеристики, приведенные в таблице 2. Кроме того на основе разработанной математической модели при использовании программного комплекса Siemens NX выполним оптимизацию МК НС приводной подвески с сохранением компоновки и длин стержней.

Таблица 2

ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА НДС И ОПТИМИЗАЦИИ МК НС ПРИВОДНОЙ ПОДВЕСКИ

Table 2

CALCULATION DATA OF VAT AND OPTIMIZATION OF MK NA DRIVE SUSPENSION

Обозначение	Техническая характеристика	Величина	Единица измерения
Q_p	Производительность	200	т/ч
ρ	Объемная плотность транспортируемого груза	1,4	т/м ³
φ	Угол естественного откоса груза	45	град
v_{zp}	Скорость транспортирования расчетная	0,2	м/с
h_n	Шаг установки подвесок на трассе	1,4	м
$L_{\%}$	Расстояние между точками подвеса ленты, рассчитанное по зависимости [13, 20]	0,827	м

Обозначение	Техническая характеристика	Величина	Единица измерения
$F_{\%}$	Площадь поперечного сечения в относительных единицах, рассчитанная по зависимости [13, 20]	0,236	–
B	Ширина ленты [13, 21]	1,4	м
q_l	Распределенная нагрузка от ленты [13, 21]	150	Н/м
$q_{гр}$	Распределенная нагрузка от груза [13, 21]	2725	Н/м
β	Угол наклона к горизонту бортов ленты, рассчитанный по зависимости [13, 20]	40,79	град
T	Усилие, приложенное к приводной подвеске со стороны ленты и транспортируемого груза [13]	3000	Н
F_{np}	Сила прижатия прижимного устройства приводной подвески	200	Н

На начальном этапе сформирована каркасная модель МК НС приводной подвески (см. рисунок 4), которая преобразовывается в конечно-элементную модель (см. рисунок 5). Каждому стержневому элементу МК НС приводной подвески присвоено определенное поперечное сечение в зависимости от выбранного типа профиля.

Затем выполнена проработка конечно-элементной модели. Выбран материал (конструкционная низколегированная сталь для сварных конструкций 09Г2С) и определена собственная масса стержневых элементов

МК НС приводной подвески. Допускаемые напряжения с учетом коэффициента запаса при расчете приняты равными 230 МПа. Указаны места приложения и направления действия нагрузок со стороны ленты с грузом T , а также силы от устройства прижатия приводного ролика F_{np} к направляющей. Заданы точки закрепления (см. рисунок 4) МК НС приводной подвески в местах условного контакта опорных роликов с направляющей качения, ограничивающие ее перемещения: в точках A и B линейное вдоль оси OZ ; в точке C и D линейное вдоль оси OX .

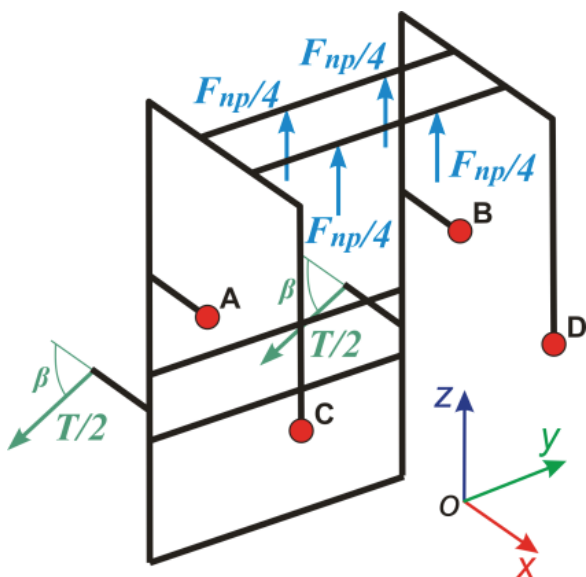


Рисунок 4 – Расчетная схема металлоконструкции не приводной секции приводной подвески конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом
Figure 4 – Calculation diagram of the steel structure of the non-drive section of the drive suspension of the conveyor with hanging belt and distributed drive

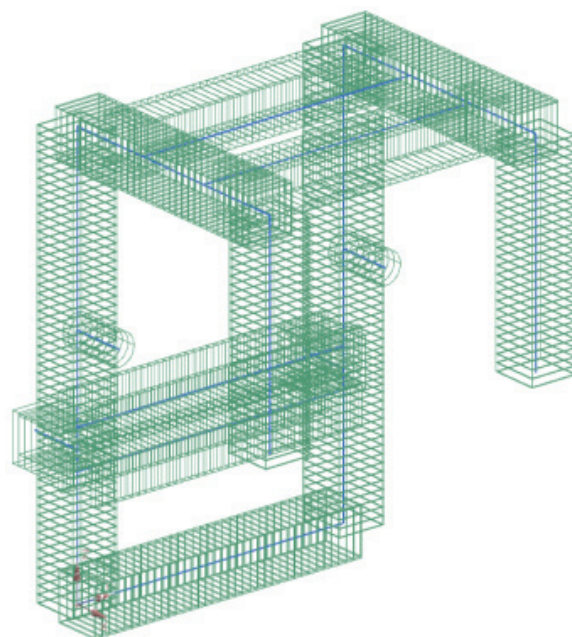


Рисунок 5 – Конечно-элементная модель металлоконструкции не приводной секции приводной подвески конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом
Figure 5 – Finite element model of the metal structure of the non-drive section of the drive suspension of a conveyor with hanging belt and distributed drive

Таблица 3

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
И ОПТИМИЗАЦИИ МАССЫ МК НС ПРИВОДНОЙ ПОДВЕСКИ КПЛ
С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ПРИВОДОМ

Table 3

CALCULATION RESULTS OF THE STRESS-DEFORMED CONDITION
AND OPTIMIZATION OF THE MASS MK NA DRIVING SUSPENSION KPL
WITH DISTRIBUTED DRIVE

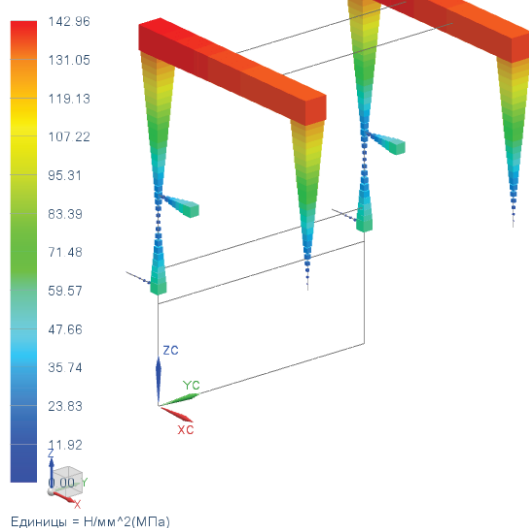
Вариант МК НС приводной подвески	Профиль поперечного сечения, мм	Максимальные напряжения, МПа	Масса МК, кг
Исходный	Квадратная труба 30×30×0,8; Швеллер стальной гнутый равнополочный 30×25×3	142,96	2,6
Оптимальный	Квадратная труба 25×25×0,8; Швеллер стальной гнутый равнополочный 25×26×2	207,11	2,0

После чего произведен расчет напряженно-деформированных состояний исходного варианта МК НС приводной подвески и варианта, полученного в результате осуществления процедуры оптимизации. Полученные результаты, а также типоразмеры профилей, используемых в исходном и оптимальном вариантах МК НС приводной подвески, сведены в таблицу 3.

ОБСУЖДЕНИЕ

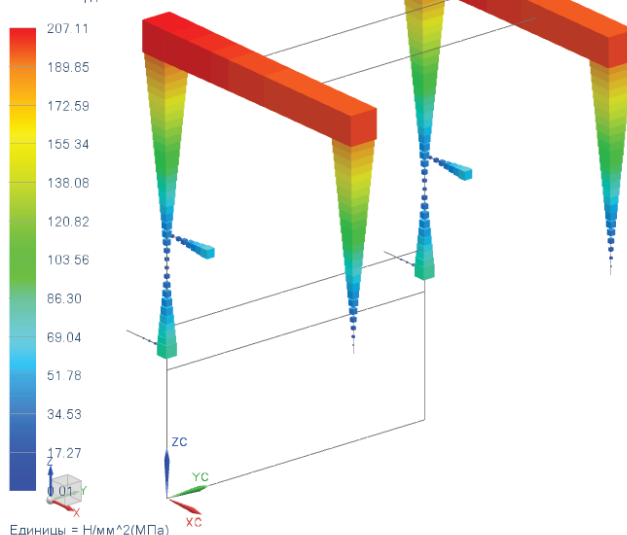
В исходном варианте МК НС приводной подвески (см. рисунок 6, а) наибольшие напряжения возникают в стержнях 2 и имеют максимум, равный 142,96 МПа, в месте сочленения с вертикальными стержнями 1. Напряжения в стержнях 1 и 3 одинаковы и убывают от 131,05 МПа до 11,92 МПа. В целом МК НС приводной подвески при исходных геометри-

model2b_fem1_sim1 : Solution 1 Результат
Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1
Напряжение - По элементам/узлам, Без левереджа, Вон-Мизес
Сечение балки : Максимум
Мин : 0.00, Макс : 142.96, Единицы = Н/мм²(МПа)
Система координат балки : Локальные



а

model2b_fem1_sim1 : Solution 1 Результат
Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1
Напряжение - По элементам/узлам, Без левереджа, Вон-Мизес
Сечение балки : Максимум
Мин : 0.01, Макс : 207.11, Единицы = Н/мм²(МПа)
Система координат балки : Локальные



б

Рисунок 6 – Распределение напряжений в металлоконструкции неприводной секции приводной подвески:
а – исходного варианта; б – после оптимизации

Figure 6 – Stress distribution in the steel structure of the non-drive section of the drive suspension:
a – the original version; b – after optimization

ческих размерах обладает большим запасом прочности, который ввиду особенностей конструкции КПЛ с распределенным приводом можно считать излишним, поскольку избыточная масса подвесок обуславливает более высокие сопротивления движению и рост динамических нагрузок на конвейерную ленту в процессе работы.

Вариант МК НС приводной подвески, полученный в результате процедуры оптимизации, имеет аналогичный характер распределения напряжений в стержнях (см. рисунок 6, б). Максимальные напряжения составляют 207,11 МПа. Таким образом, из сравнительного анализа вариантов МК НС приводной подвески следует, что ее масса в результате оптимизации поперечных сечений стержней каркаса снизилась на 23% относительно массы неоптимизированной МК приводной подвески.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная математическая модель, включающая целевую функцию и накладываемые на нее системы конструктивных, прочностных и жесткостных ограничений, позволяет осуществлять процедуру оптимального проектирования МК НС приводной подвески КПЛ с распределенным приводом.

В результате расчета типового варианта МК НС приводной подвески КПЛ с распределенным приводом установлено, что подвеска обладает избыточной прочностью, массой и превышенными геометрическими параметрами стержней. Оптимизация только лишь по размерам поперечных сечений используемых профилей позволила сократить массу подвески на 23% относительно массы неоптимизированной МК подвески с обеспечением необходимого запаса прочности. Расчетным путем подтверждена необходимость проведения многокритериальной оптимизации МК приводной подвески с учетом конструктивных, прочностных и жесткостных ограничений. Поэтому дальнейшая научно-исследовательская работа будет направлена на исследование влияния геометрических параметров (длин и поперечных сечений) стержней МК, взаимного расположения опорных элементов конструкции (мест крепления роликов) и точек приложения внешних сил (усилий от грузонесущей ленты и пружин устройства прижатия приводного ролика к направляющей качения) на массогабаритные параметры МК приводной подвески с учетом сохранения прочности и жесткости в установленных пределах значений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пертен Ю.А. Конвейерный транспорт XXI века // Транспорт российской федерации. 2005. № 1. С. 42 – 43.
2. Аверченков В.И., Ивченко В.Н., Дунаев В.П. [и др.] Конвейеры с подвесной лентой / под общ. ред. проф. В.И. Аверченкова. М.: Машиностроение-1, 2004. 256 с.
3. Ивченко В.Н., Куров С.В. Юбилей российского беспробельного ленточного конвейера с подвесной лентой // Горная промышленность. 2007. № 4 (74). С. 76 – 77.
4. Лагерева А.В., Дунаев В.П. Конвейеры с подвесной грузонесущей лентой – инновационный вид машин непрерывного транспорта // Справочник. Инженерный журнал, 2009. № 10. С. 9 – 14.
5. Гончаров К.А., Бословяк П.В., Кулешов Д.Ю. Экспериментальный стенд для исследования движения дискретного участка ленточного конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом // Достижения молодых ученых в развитии инновационных процессов в экономике, науке, образовании: материалы IV международной научно-практической конференции / под ред. И.А. Лагерева. Брянск: БГТУ, 2012. 14 с.
6. Лагерева А.В., Толкачев Е.Н. Исследование движения подвесок дискретного участка конвейера с подвесной лентой, распределенным приводом и вертикально замкнутой трассой с помощью одномассовой динамической модели // Вестн. Брян. гос. техн. ун-та. 2013. № 4. С. 33 – 40.
7. Кулешов Д.Ю. Подвесной пространственный горизонтально замкнутый ленточный конвейер // Достижения молодых ученых Брянской области: Материалы Региональной научной конференции студентов и аспирантов / под. ред. И.А. Лагерева. Брянск: БГТУ, 2010. С. 29 – 31.
8. Lagerev A.V., Tolkachev E.N., Lagerev I.A. Modelling of a Vertical Loop Conveyor with Suspended Belt and Distributed Drive // International Review on Modelling and Simulations. 2016, Vol. 9, no. 4, pp. 271 – 279.
9. Толкачев Е.Н. Анализ динамики подвесок дискретного участка конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом [Электронный ресурс] // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2015. № 1. С. 55-64. URL: <http://ntv-brgu.ru/wp-content/arhiv/2015-N1/2015-01-10.pdf>.
10. Толкачев Е.Н. Особенности определения усилий, приложенных к подвескам конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом, в зависимости от их пространственной конфигурации на трассе [Электронный ресурс] // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2015. № 2. С. 44 – 51. URL: <http://ntv-brgu.ru/wp-content/arhiv/2015-N1/2015-02-06.pdf>.
11. Лагерева А.В., Толкачев Е.Н., Гончаров К.А. Моделирование рабочих процессов и проектирование многоприводных ленточных конвейеров: монография. Брянск: РИО БГУ, 2017. 384 с.
12. Лагерева А.В., Толкачев Е.Н. Рациональные параметры подвесок конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом // Подъемно-транспортное дело. 2016. № 1 – 2 (84). С. 17 – 20.
13. Лагерева А.В., Толкачев Е.Н., Бословяк П.В. Проектирование и исследования конвейеров с подвесной грузонесущей лентой. Брянск: РИО БГУ, 2016. 303 с.
14. Lagerev A.V., Tolkachev E.N., Lagerev I.A. Analyzing the Discret Section Suspension Parameters in a Conveyor with Suspended Belt and Distributed Drive // Journal of Mechanical Science and Technology. 2017, Vol. 31, no. 10, pp. 4669 – 4678.
15. Лагерева А.В., Дунаев В.П., Кулешов Д.Ю. Ленточно-канатный конвейер с подвесной лентой. Патент 99463 РФ, МПК В65G 15/08. заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Брянский государственный технический университет». № 2010123111/11. заявл. 07.06.2010; опублик. 20.11.2010; Бюл. № 32.

16. Лагереv А.В., Толкачев Е.Н. Анализ влияния конструктивных параметров подвесок на технические характеристики конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом [Электронный ресурс] // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2016. № 3. С. 50 – 59. URL: <http://ntv-brgu.ru/wp-content/arhiv/2016-N3/2016-03-03.pdf>.

17. Бословяк П.В. Оптимальное проектирование металлоконструкций стационарных конвейеров с подвесной лентой : дис. ... канд. техн. наук. М., 2015. 160 с.

18. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. М., 2011. 173 с.

19. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. М., 2011. 85 с.

20. Лунев Д.Е. Обоснование рациональных конструктивных и эксплуатационных параметров конвейеров с подвесной лентой для предприятий горной промышленности : дис. ... канд. тех. наук. СПб., 2007. 119 с.

21. Конвейеры: справочник / Р.А. Волков, А.Н. Гнутов, В.К. Дьячков [и др.] / под общ. ред. Ю.А. Пертена. Л. : Машиностроение, 1984. 367 с.

MATHEMATICAL MODEL OF METAL CONSTRUCTION OPTIMIZATION OF DRIVE CONVEYOR WITH THE SUSPENDED BELT AND DISTRIBUTED DRIVE

P.V. Boslovyak, E.N. Tolkachev

ABSTRACT

Introduction. The article is devoted to the metal construction optimization of the drive suspension conveyor with the suspended belt and distributed drive. The article also briefly reflects current directions of the research and development work of the conveyors with the suspended belt and distributed drive.

Materials and methods. The main attention is concentrated on the drive suspensions of the conveyor construction, on the working capacity conditions providing sufficient traction and coupling, as well as on the disadvantages of the existing roller suspensions' construction. The research presents the original technical solution of the roller suspension, which is equipped with the individual drive of the motor reducer and also with the pressing device of the leading roller, and the main advantages of a roller suspension are also described in the article.

Results. The authors develop and present a mathematical model that allows optimizing the steel construction of the most metal-elements – load-bearing section of the drive suspension according to constructional, strength and stiffness constraints.

Discussion. The realization of the proposed mathematical model is considered on the basic conveyor construction's calculations of the steel construction's stress-strain state. It is established that the basic drive suspension has the excessive strength, weight and the exceeded geometric parameters of the rods.

Conclusion. The conclusion about the need for multicriterion optimization of the steel drives suspension's construction is made, as well as investigations of the configuration parameters' influence on the mass-dimensional characteristics are presented.

KEYWORDS: conveyor belt, mathematical model, suspended belt, suspension, optimal design, distributed drive, rational parameters, constraint system.

REFERENCES

1. Perten Yu. A. Konveyernyy transport XXI veka [The conveyor transport of the XXI century]. Transport rossijskoj federacii, 2005, № 1, pp. 42 – 43.

2. Averchenkov V.I., Davydov S.V., Dunaev V.P., Ivchenko V.N., Kurov S.V., Rytov M.Yu., Sakalo V.I. Konveyery s podvesnoy lentoy [Conveyors with hanging ribbon]. Moscow, Mashinostroyeniye-1, 2004. 256 p.

3. Ivchenko V.N., Kurov S.V. YUbiiley rossiyskogo besprosypnogo lentochnogo konveyera s podvesnoy lentoy [Anniversary of the Russian belt conveyors with suspended belt without material scattering]. Gornaya promyshlennost', 2007, no. 4 (74), pp. 76 – 77.

4. Lagerev A.V., Dunaev V.P. Konveyery s podvesnoy gruzonesushchey lentoy – Innovatsionnyy vid mashin nepreryvnogo transporta [Conveyors with suspensions carrying belt – new type of continuous transport machines]. Spravochnik. Inzhenernyy zhurnal, 2009, no.10, pp. 9 – 14.

5. Goncharov K.A., Boslovyak P.V., Kuleshov D.Yu. Eksperimental'nyy stand dlya issledovaniya dvizheniya diskretnogo uchastka lentochnogo konveyera s podvesnoy lentoy i raspredelennym privodom [Experimental stand for the study of the motion of a discrete section of conveyor with suspended belt and distributed drive]. Dostizheniya molodykh uchenykh v razvitii innovatsionnykh protsessov v ekonomike, nauke, obrazovanii: materialy IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Bryansk, BGUTU, 2012. p. 14.

6. Lagerev A.V., Tolkachev E.N. Issledovanie dvizheniya podvesok diskretnogo uchastka konveyera s podvesnoy lentoy, raspredelennym privodom i vertikal'no zamknutoy trassoy s pomoshch'yu odnomassovoy dinamicheskoy modeli [Research of suspension motion discrete section of a special conveyor with suspended belt and distributed drive using single-mass dynamic model], Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2013, no.4, pp. 33 – 40.

7. Kuleshov D.Yu. Podvesnoy prostranstvennyy

gorizontal'no zamknuty lentochnyy konveyer [Suspended spatial horizontally closed belt conveyor]. Dostizheniya molodykh uchenykh Bryanskoy oblasti: Materialy Regional'noy nauchnoy konferentsii studentov i aspirantov. Bryansk, BGU, 2010, pp. 29 – 31.

8. Lagerev A.V., Tolkachev E.N., Lagerev I.A. Modelling of a Vertical Loop Conveyor with Suspended Belt and Distributed Drive. International Review on Modelling and Simulations. 2016, Vol. 9, no. 4, P. 271 – 279.

9. Tolkachev, E.N. Analiz dinamiki podvesok diskretnogo uchastka konveyera s podvesnoy lentoy i raspredelennym privodom [Analysis of the dynamics of suspensions of discrete section of the conveyor with suspended belt and distributed drive]. Nauchno-tehnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2015, no. 1, pp. 55 – 64, available at: <http://ntv-brgu.ru/wp-content/arhiv/2015-N1/2015-01-10.pdf>.

10. Tolkachev E.N. Osobennosti opredeleniya usilii, prilozhennykh k podveskam konveyera s podvesnoy lentoy i raspredelennym privodom, v zavisimosti ot ih prostranstvennoy konfiguratsii na trasse [Specifics of determining the forces are applied to the suspensions of conveyor with suspended belt and distributed drive, depending on their spatial configuration on the route]. Nauchno-tehnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2015, no. 2, pp. 44 – 51, available at: <http://ntv-brgu.ru/wp-content/arhiv/2015-N2/2015-02-06.pdf>.

11. Lagerev A.V., Tolkachev E.N., Goncharov K.A. Modelirovanie rabochih protsessov i proektirovanie mnogoprivodnykh lentochnykh konveyerov [Modeling of work processes and the design of multi-drive belt conveyor]. Bryansk: RIO BGU, 2017. 384 p.

12. Lagerev A.V., Tolkachev E.N. Ratsional'nye parametry podvesok konveyera s podvesnoy lentoy i raspredelennym privodom [Substantiation of rational suspension parameters conveyor with suspended belt and distributed drive]. Podemno-transportnoe delo. 2016, no. 1 – 2 (84). pp. 17 – 20.

13. Lagerev A.V., Tolkachev E.N., Boslovyak P.V. Proektirovanie i issledovaniya konveyerov s podvesnoy gruzonesushchey lentoy [Design and research of the conveyor with the suspended belt]. Bryansk, RIO BGU. 2016. 303 p.

14. Lagerev A.V., Tolkachev E.N., Lagerev I.A. Analyzing the Discreet Section Suspension Parameters in a Conveyor with Suspended Belt and Distributed Drive. Journal of Mechanical Science and Technology. 2017, Vol. 31, no. 10, p. 4669 – 4678.

15. Lagerev A.V., Dunaev V.P., Kuleshov D.YU. Lentochno-kanatnyy konveyer s podvesnoy lentoy [Belt-rope conveyor with suspended belt]. Patent RF, no. 2010123111, 2010.

16. Lagerev A.V., Tolkachev E.N. Analiz vliyaniya konstruktivnykh parametrov podvesok na tekhnicheskie harakteristiki konveyera s podvesnoy lentoy i raspredelennym privodom [Influence analysis of design parameters of suspensions on the technical specifications of conveyor with suspended belt and distributed drive]. Nauchno-tehnicheskii vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2016, no. 3, pp. 50 – 59, available at: <http://ntv-brgu.ru/wp-content/arhiv/2016-N3/2016-03-03.pdf>.

17. Boslovyak P.V. Optimalnoe proektirovanie metallkonstruktsiy statsionarnykh konveyerov s podvesnoy lentoy: dic. ... cand. of tech. science [Optimal design of steel structures fixed conveyors with hanging belt]. Moscow, 2015. 160 p.

18. SP 16.13330.2011. Stal'nye konstruksii [Steel structures]. Moscow, 2011. 173 p.

19. SP 20.13330.2011. Nagruzki i vozdeystviya [Loads and impacts]. Moscow, 2011. 85 p.

20. Lunev D.E. Obosnovanie ratsional'nykh konstruktivnykh i ekspluatatsionnykh parametrov konveyerov s podvesnoy

lentoy dlya predpriyatiy gornoy promyshlennosti Cand. Diss. [Justification of rational design and operational parameters of conveyor with suspended belt for the mining industry. Cand. Diss.]. St. Petersburg. 2007. 119 p.

21. Perten YU.A., Zenkov R.L., Gnutov A.N., D'yachkov V.K., Volkov R.A. Konveyery: spravochnik [Conveyors: Handbook]. Leningrad, Mashinostroenie, 1984: 367 p.

Поступила 27.12.2017, принята к публикации 15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бословяк Павел Валерьевич (г. Москва, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры РК-4 «Подъемно-транспортные системы», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: boslovyak89@mail.ru).

Boslovyak Pavel V. (Moscow, Russia) – Ph.D., Associate Professor at the Department RS-4 “Hoisting and transport systems” at Moscow State Technical University named after N.E. Bauman (105005, Russian Federation, Moscow, 2nd Bauman Str., 5, building 1, e-mail: boslovyak89@mail.ru).

Толкачев Евгений Николаевич (г. Брянск, Россия) – инженер-конструктор ЗАО «Брянский арсенал» (241050, г. Брянск, ул. Калинина, д. 98, e-mail: tolkachev_en@mail.ru).

Tolkachev Evgeniy N. (Bryansk, Russia) – engineer-designer of CJSC “Bryanskiy Arsenal” (241050, Russian Federation, Bryansk, Kalinina St., 98, e-mail: tolkachev_en@mail.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Бословяк П.В. Составление методики и разработка математической модели оптимизации металлоконструкции приводной подвески конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом с учетом конструктивных, прочностных и жесткостных ограничений. Построение расчетных схем, структурной и конечно-элементной моделей металлоконструкции приводной подвески. Проведение расчетов НДС в программном комплексе Siemens NX и интерпретация полученных результатов. Написание разделов «Методы и материалы», «Результаты», «Обсуждение».

Толкачев Е.Н. Исследование состояния вопроса, связанного с проектированием конвейеров с подвесной лентой и распределенным приводом. Разработка конструкции приводной подвески и построение эталонной

лученных результатов. Написание раздела «Введение», «Заключение», общая редакция статьи.

|||||

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОГО ЧИСЛА ГЛАВНОЙ ПЕРЕДАЧИ НА ТОПЛИВНУЮ ЭКОНОМИЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ В ЕЗДОВОМ ЦИКЛЕ

С.А. Горожанкин, Н.В. Савенков, В.В. Понякин
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры»,
г. Макеевка

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье рассмотрена эффективность улучшения топливно-экономических свойств автомобиля в ездовом цикле WLTC за счет изменения передаточного числа главной передачи.

Методы и материалы. Основное внимание уделено определению величин расхода топлива путем численного моделирования процесса движения в ездовом цикле (ЕЦ). Для этого составлена непрерывная гладкая функция скорости автомобиля в соответствии с его категорией и энерговооруженностью, а также применены различные математические модели нагрузочно-скоростных характеристик эффективных показателей двигателя внутреннего сгорания – на основании классической теории и на основании экспериментальных исследований с дополнительным учетом неустановившихся режимов. Это позволило выполнить расчет топливной экономичности в комплексе нестационарных режимов движения (ездового цикла) с большей достоверностью.

Результаты. В работе приведены соответствующие значения массового расхода топлива и предложен алгоритм переключения передач.

Обсуждение. Полученные результаты позволяют выполнять оценку влияния отдельных передаточных чисел трансмиссии на топливно-экономическую эффективность автомобиля в перспективном Всемирном гармонизированном ездовом цикле с дополнительным учетом изменения тягово-скоростных эксплуатационных свойств.

Заключение. Приведенная в работе методика расчета может применяться при решении задач комплексного оптимизационного синтеза конструкционных и режимных параметров механических трансмиссий современных автомобилей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *ездовой цикл, массовый расход топлива, передаточное число, двигатель внутреннего сгорания, трансмиссия, главная передача, мощностной баланс.*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время значительное внимание уделяется экономии и рациональному распределению энергоносителей (нефти и др.). Автомобильный транспорт является основным потребителем этих ресурсов.

К снижению энергетических затрат автомобиля приводят два комплекса мероприятий:

1) уменьшение сопротивлений движению (за счет применения кузовов с улучшенной обтекаемостью, снижения снаряженной массы, совершенствования шин, ходовой части и т.д.);

2) повышение энергетической эффективности силовой установки (СУ) автомобиля, включающую двигатель и трансмиссию. Это достигается за счет увеличения эффективного КПД ДВС, применения многоступенчатых трансмиссий, систем рекуперации энергии [1], гибридного привода, а также совершенствования алгоритмов управления. Данный комплекс мероприятий является более эффективным, т.к. связан с рабочими процессами таких агрегатов и узлов, которые характеризуются большими потерями энергии (например, общий

КПД СУ автомобиля при его движении в различных нагрузочно-скоростных режимах может варьироваться от 0,3 до 0,05 [2]).

Соответствующее традиционное направление по повышению удельной топливной экономичности заключается в увеличении максимального (пикового) КПД силовых установок (за счет поднятия степени сжатия, применения систем наддува ДВС, механизмов изменения фаз газораспределения, внедрению электронных комплексных систем управления и т.д.).

В современных условиях развивается также и альтернативное направление по повышению удельной топливной экономичности путем увеличения не максимального, а среднего значения КПД силовой установки за счет согласования характеристик двигателя и трансмиссии. Это достигается рациональным выбором режимных и конструкционных параметров для заданных эксплуатационных условий. Рассмотренное направление представляет собой задачу оптимизации и требует выбора критерия эффективности процесса движения и определения соответствующих оптимизационных параметров.

Рост цен на углеводородное топливо и ухудшение экологической ситуации, связанный с интенсивностью дорожного движения, обусловили разработку и внедрение единых методов определения и оценки топливно-экономических и экологических свойств на основе стандартизированных ездовых циклов [3]. Наиболее распространенными являются: Новый европейский ездовой цикл (NEDC), Американский ездовой цикл (FTP-75) и Японский ездовой цикл (JC-08). В 2017 г. взамен рассмотренным вводится Всемирный гармонизированный ездовой цикл (WLTC) [4], который основан на мировом статическом исследовании режимов движения, характеризуется большими ускорениями и отсутствием участков установившегося движения.

До разработки и внедрения ЕЦ основными критериями при согласовании параметров СУ автомобиля являлись его тягово-скоростные свойства [2] и топливная экономичность [5, 6, 7]. В современных исследованиях в качестве критерия рекомендуется принимать интегральное количество израсходованного за ЕЦ топлива с возможностью приоритетного учета тягово-скоростных свойств и экологичности автотранспортного средства [8, 9, 10, 11, 12].

Рассматриваемая задача наиболее просто решается для АТС, оснащенных механической трансмиссией. В этом случае оптимизационными параметрами являются передаточные числа (ПЧ).

В настоящей работе, в отличие от исследований [9, 10, 11, 12], выполнена оценка влияния на критерий удельной топливной экономичности в ездовом цикле WLTC передаточного числа главной передачи (ГП). Этот выбор обусловлен относительно небольшими затратами и малой трудоемкостью создания соответствующих модификаций автомобиля. Результаты позволят рассмотреть перспективы и дальнейшие направления настоящего исследования.

Цель исследования: разработать методику для оценки зависимости количества топлива, затраченного автомобилем в ездовом цикле, от передаточного числа главной передачи.

Задачи исследования: выбор критерия и определение параметров процесса повышения топливной экономичности; выбор в качестве примера автомобиля для выполнения исследований; разработка математической модели нагрузочно-скоростных характеристик ДВС; выбор функций режимов движения автомобиля; создание функциональной зависимости требуемой мощности в выбранном ЕЦ; разработка алгоритма переключения передач; выполнение оценки влияния ПЧ главной передачи на расход топлива в ЕЦ.

Объект исследования. Силовые установки автомобилей, включающие двигателя внутреннего сгорания и механическую ступенчатую трансмиссию.

Предмет исследования. Конструкционные и режимные параметры силовых установок.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

На основе анализа теоретических и экспериментальных данных эффективной мощности и удельного расхода топлива ДВС, а также потерь в трансмиссии, получены аналитические функции данных характеристик в зависимости от параметров регулирования этих агрегатов. Разработана численная методика для оценивания эффективности снижения расхода топлива в условиях ездового цикла WLTC за счет изменения параметров трансмиссии.

Для выполнения настоящего исследования в качестве примера выбраны характеристики автомобиля ГАЗ 2752 «Соболь Бизнес» с двигателем УМЗ-4216 [13, 14].

Для построения математических моделей движения автомобиля в ЕЦ и нагрузочно-скоростных характеристик его двигателя применена система компьютерной алгебры Mathcad.

Обязательным условием для выполнения численного моделирования процесса движения автомобиля является наличие связи

характеристик и параметров СУ с параметрами режима движения – скоростью V , продольным ускорением j и относительным продольным уклоном дороги i . Непрерывная функция $V=f(t)$ в ЕЦ получена методом интерполяции кубическим сплайном [15,16] данных соответствующего стандарта [3]. Кинематическая составляющая рассматриваемой связи определена известными зависимостями через передаточные числа трансмиссии [1]:

$$n(t) = 9,52 \cdot V(t) \cdot U_{\text{кп}} \cdot U_0 \cdot r_K^{-1}; \varepsilon(t) = j(t) \cdot U_{\text{кп}} \cdot U_0 \cdot r_K^{-1}; [V = f(t), j = dV(t)/dt], \quad (1)$$

где n и ε – соответственно частота вращения и угловое ускорение коленчатого вала ДВС, мин⁻¹; j – ускорение автомобиля, м/с²; V – скорость движения автомобиля, м/с; $U_{\text{кп}}$ – передаточное число коробки передач (КП); U_0 – передаточное число ГП; r_K – радиус качения ведущего колеса, м.

Для определения динамической составляющей процесса движения автомобиля необходимо определить зависимость требуемой мощности СУ от параметров режима движения, кВт:

$$N_T = f(V, j, i). \quad (2)$$

Эта функция рассматривается как «характеристика сопротивления движению» АТС, которая в соответствии с принципом Даламбера сопровождается балансом мощности, кВт [2]:

$$N_T(V, j, i) = \frac{V \cdot ((f + i) \cdot m_a \cdot g + k_B \cdot F \cdot V^2 + m_a \cdot j) + (J_K \cdot n_K + J_{\text{КП}} \cdot U_0^2) \cdot \frac{j \cdot V}{r_K^2}}{1000 \cdot \eta_t}, \quad (3)$$

где f – коэффициент сопротивления качению; m_a – масса автомобиля, кг; k_B – коэффициент сопротивления воздушной среды, кг/м³; F – площадь миделевого сечения автомобиля, м²; J_K – момент инерции колеса, кг·м²; n_K – количество колес на автомобиле; $J_{\text{КП}}$ – момент инерции карданной передачи, кг·м²; η_t – КПД трансмиссии.

Степень достоверности математической модели нагрузочно-скоростных характеристик ДВС имеет особую важность, т.к. работой двигателя определяются экономические, динамические и экологические качества соответствующего транспортного средства в целом. В соответствии с теорией автомобиля [2], функциональные зависимости нагрузочно-скоростных характеристик могут быть получены на основании рекомендаций Р.С.Лейдермана и И.С. Шлиппе, кВт, г/(кВт·ч):

$$N_e = f(n, k) = N_{\text{еmax}} \cdot k \cdot \left[a \cdot \frac{n}{n_N} + b \cdot \left(\frac{n}{n_N} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{n}{n_N} \right)^3 \right], \quad (4)$$

$$g_e(n, k) = g_{\text{ен}} \cdot (a_u - b_u \cdot k + c_u \cdot k^2) \cdot \left[a_n - b_n \cdot \frac{n}{n_N} - c_n \cdot \left(\frac{n}{n_N} \right)^2 \right], \quad (5)$$

где N_e – номинальная мощность двигателя, кВт; n_N – номинальная частота вращения коленчатого, мин⁻¹; a, b, c – полиномиальные коэффициенты функции мощности; k – коэффициент использования мощности [$0 \leq k \leq 1$]; $g_{\text{ен}}$ – удельный расход топлива ДВС, г/(кВт·ч); a_u, b_u, c_u и a_n, b_n, c_n – полиномиальные коэффициенты функции удельного расхода топлива.

В настоящей работе рассмотрена также и альтернативная модель нагрузочно-скоростных характеристик ДВС выбранного автомобиля, разработанная на основании проведенного комплекса стендовых испытаний с учетом неустановившихся режимов работы, кВт, г/(кВт·ч) [12,17]:

$$N_e = f(n, \varepsilon, \lambda, \delta), \quad (6)$$

$$g_e = f(n, \varepsilon, \lambda, \delta), \quad (7)$$

где λ – коэффициент нагрузки (пропорционально связан с положением органа, регулирующего нагрузку [$0 \leq \lambda \leq 1$]); δ – скорость изменения нагрузки ($\delta = d\lambda / dt$).

Процедура WLTP регламентирует только общие положения по выбору моментов переключения передач [4], поэтому в настоящем исследовании разработан и предложен для практического применения соответствующий алгоритм с учетом следующих условий:

- 1) соблюдение мощностного баланса в трансмиссии $N_e(t) = N_t(t)$;
- 2) частота вращения ДВС принадлежит рабочему диапазону [$n_{min} \leq n(t) \leq n_{kl}$];
- 3) обеспечение минимального удельного расхода топлива в каждой точке ЕЦ.

Численное моделирование процесса движения по ЕЦ осуществлялось в соответствии с методикой [18]. Суммарное количество затраченного топлива m_{al} в ЕЦ определено зависимостью, г/ездовой цикл,

$$m_{al}(t, U_0) = \int_0^{1460} G(t, U_0) dt \cong \frac{G_a - G_b}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} G(a + i \cdot h), \quad (8)$$

$$G(t, U_0) = \frac{g_e(n, \varepsilon, \lambda, \delta) \cdot N_t(t)}{3600} + G_{xx}(t, U_0), \text{ г/с}, \quad n, \varepsilon, \lambda, \delta = f(t, U_0), \quad (9)$$

где $G_{xx}(t)$ – функция расхода топлива ДВС при его работе без нагрузки, г/с; a, b – начальная и конечная точки интегрирования, h – шаг, n – количество расчетных точек.

Правая часть равенства (8) составлена для рационализации вычисления m_{al} (критерия) для различных значений U_0 (оптимизационный параметр) в системе Mathcad [16].

Зависимость ускорения от скорости движения при свободном разгоне автомобиля (с полной подачей топлива), необходимая для определения рассмотренных в таблице тягово-скоростных свойств [18], рассчитана с помощью компьютерной алгебры MathCAD итерационным способом, м/с²:

$$j(V, U_m) = \begin{cases} a_j \leftarrow a_x \\ \xi_N \leftarrow 0.01 \\ j_x \leftarrow 0 \\ \text{while}[(1 - \xi_N) \cdot N_t(V, j_x)] < [\eta_{kn}(U_m) \cdot N_e(n(V, U_m), 1, \varepsilon(j_x, U_m), 0)], \\ j_x \leftarrow j_x + a_j \\ j_x \end{cases}, \quad (10)$$

где a_j – начальное значение ускорения автомобиля, 0 м/с²; a_x – шаг итерации; ξ_N – заданная точность сходимости уравнения мощностного баланса.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Нагрузочно-скоростные характеристики эффективных показателей двигателя рассматриваемого в качестве примера автомобиля, показаны на рисунке 1: при применении в качестве исходных зависимостей рекомендаций теории автомобиля: формул (4) и (5) – рисунок 1, а; и результатов расчетно-экспериментальной методики [19,20]: формул (6) и (7) – рисунок 1, б и рисунок 1, в соответственно при работе ДВС на установившемся режиме ($n = const, \lambda u k = const, \varepsilon = 0, \delta = 0$), а также, в каче-

стве примера, на одном из неустановившихся режимов работы ($n = var, \lambda u k = var, \varepsilon = 15 \text{ рад/с}^2, \delta = 0, 1$). На рисунке 1, г показана зависимость коэффициента использования мощности от коэффициента нагрузки.

В графическом виде полученные в результате расчетов зависимости скорости движения в ЕЦ ($V = f(t)$) и развиваемой при этом мощности (3) приведены на рисунке 2.

Разработанный алгоритм для выбора номера передачи в коробке передач при движении автомобиля по ездовому циклу WLTC приведен на рисунке 3.

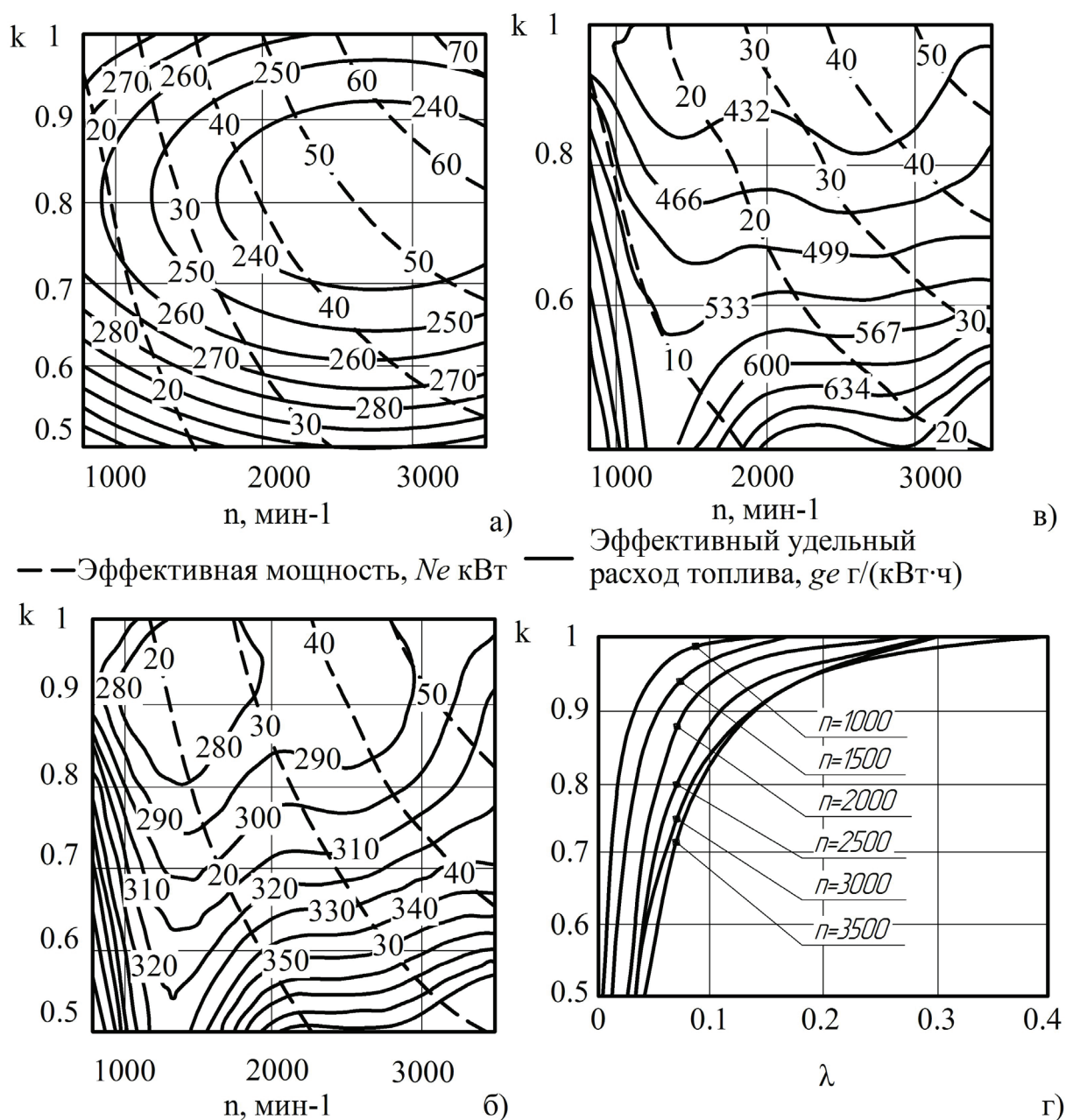


Рисунок 1 – Нагрузочно-скоростные диаграммы эффективной мощности и удельного расхода топлива ДВС УМЗ-4216:
а) классическая теория автомобиля;
б-в) экспериментальные данные
Figure 1 – Charts of effective power and specific fuel consumption of the UMZ-4216 ICE:
classic theory of the car (a); experimental data (б-в)

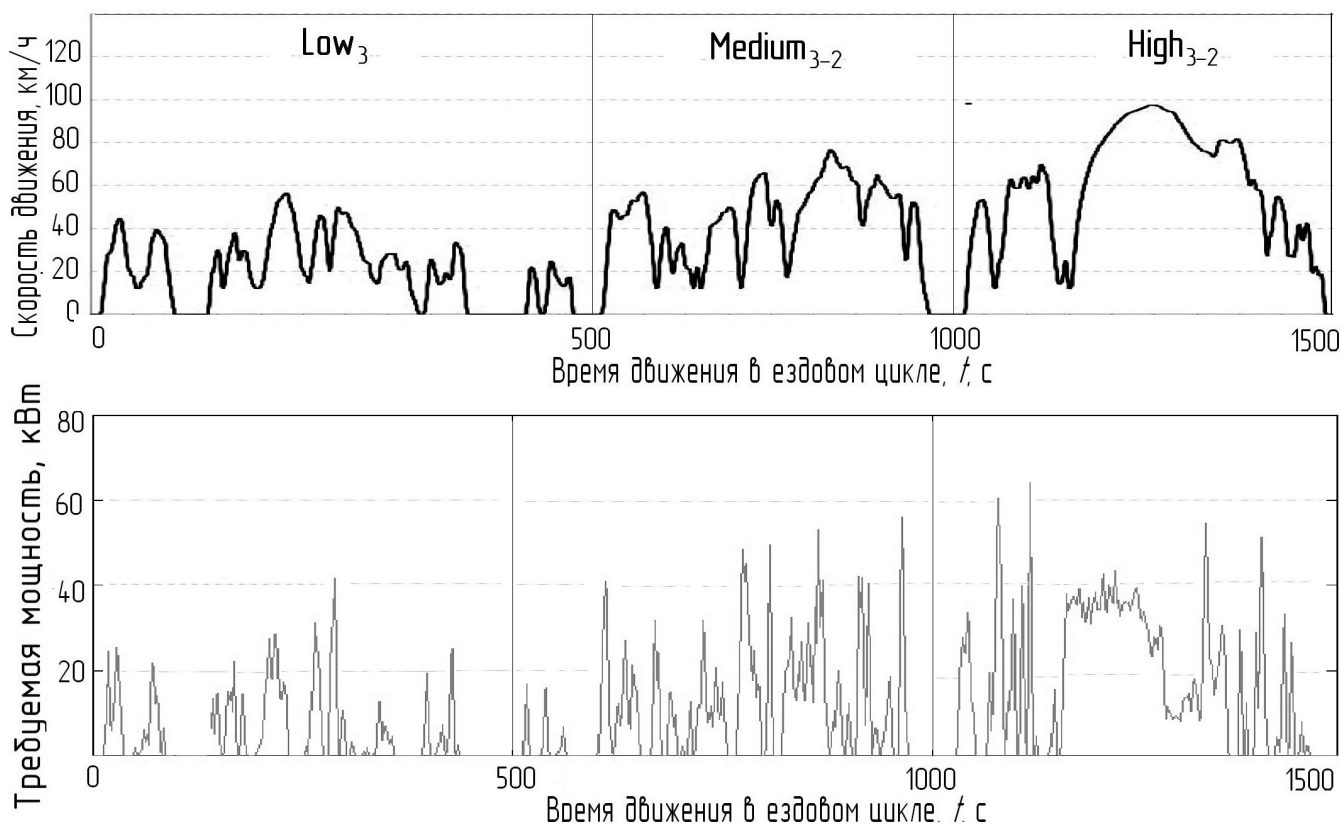


Рисунок 2 – Скорость и требуемая мощность СУ АТС ГАЗ 2752 «Соболь Бизнес» в ЕЦ WLTC
Figure 2 – Speed and required power of the unit GAZ 2752 "Sobol-Business" in The WLTC

Функции $n_1(t, U_0) \dots n_5(t, U_0)$ алгоритма являются зависимостями частоты вращения коленчатого вала ДВС от времени движения в ЕЦ и передаточного числа ГП при включенной 1...5 передачах. Функции $\lambda_1(t, U_m) \dots \lambda_5(t, U_m)$ – зависимости коэффициента нагрузки ДВС от времени движения в ЕЦ и передаточного числа ГП при включенной 1...5 передачах.

Результаты расчета целевой функции (8) для рассматриваемого диапазона допустимых значений параметров U_0 приведены на рис. 4. В качестве ограничений, накладываемых на оптимизационный параметр, выбраны: минимальное передаточное число главной передачи ($U_{0н} = 4$) и ее максимальное значение ($U_{0м} = 5,2$). $U_{0н}$ обусловлено наличием запаса мощности, обеспечивающего движения по ЕЦ, $U_{0м}$ ограничено максимальной частотой вращения ДВС.

Оценка эффективности выбранных значений передаточных чисел ГП по отношению к серийному значению ($U_0 = 4,3$) – точки «А» и «В» на рисунке 4, выполнена в таблице 1.

ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из графика, приведенного на рисунке 4, можно сделать вывод, что зависимость изменения количества израсходованного топлива соответствует известной закономерности – увеличение нагрузки на ДВС сопровождается ростом его эффективного КПД и, как следствие, снижением расхода топлива в ЕЦ. Однако более крутой рост кривой расхода, построенной с учетом неустановившихся режимов работы ДВС (линия 2) обуславливает значительное влияние на топливную экономичность в ездовом цикле WLTC процессов ухудшения эффективных показателей двигателя при переходе от одного нагрузочно-скоростного режима к другому. Таким образом, применение соответствующей математической модели характеристик ДВС и выбранной методики численного моделирования процесса движения по ездовому циклу является оправданным шагом при анализе и синтезе параметров силовых установок перспективных автомобилей.

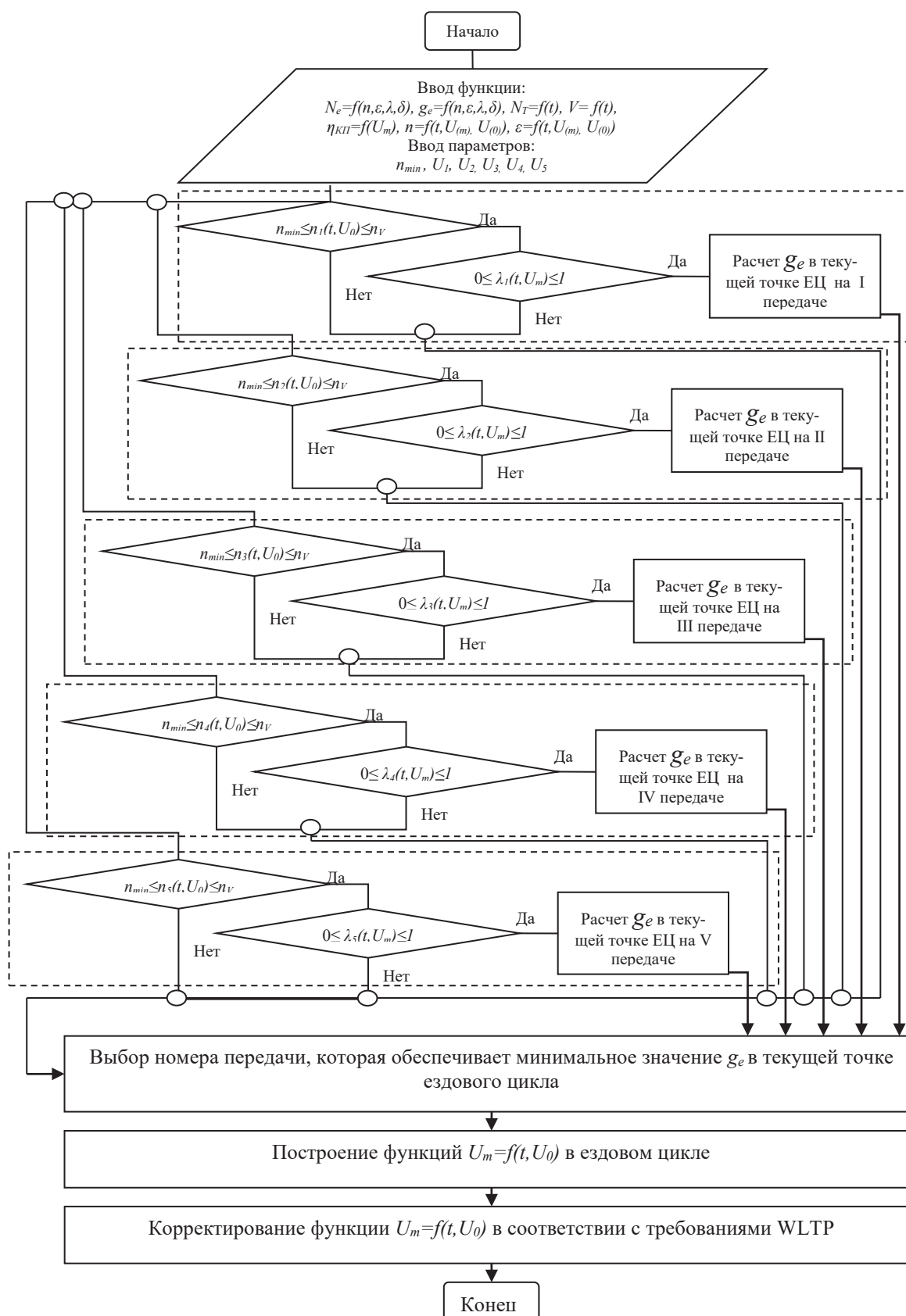


Рисунок 3 – Алгоритм выбора передач в ездовом цикле WLTC
Figure 3 – Algorithm for selecting gears in the driving cycle of WLTC

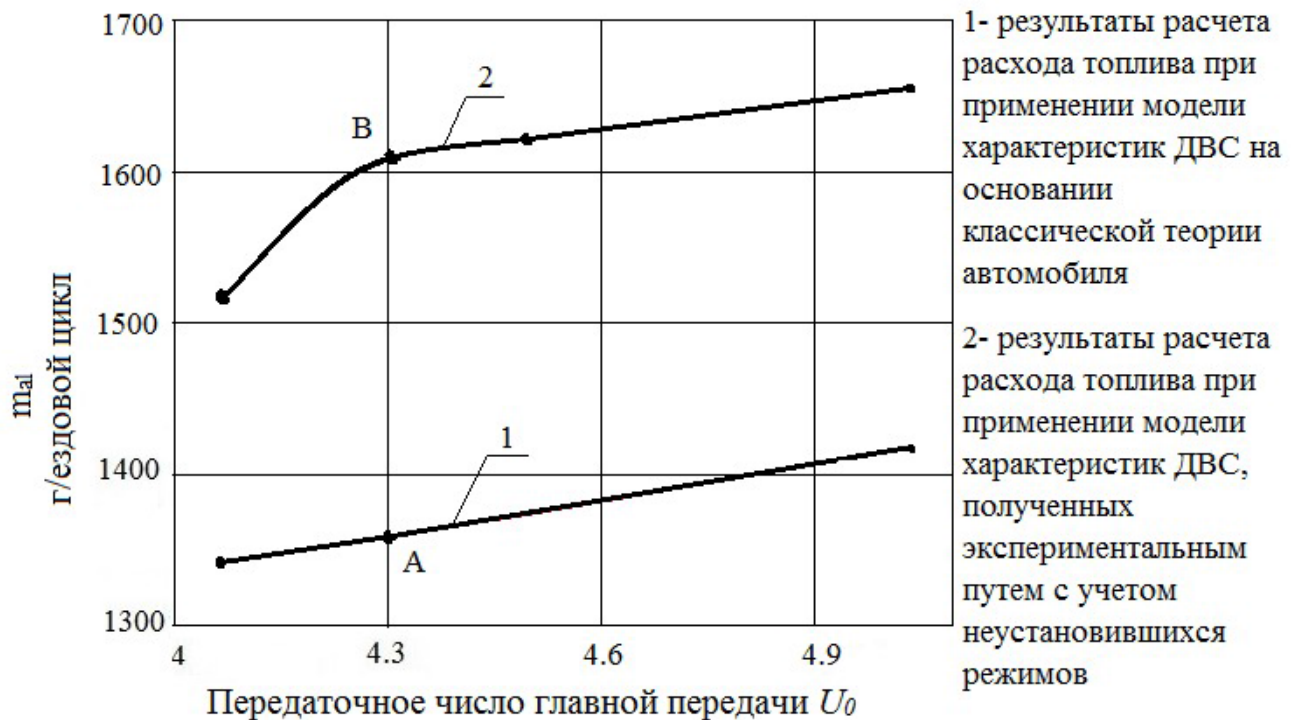


Рисунок 4 – Расхода топлива за ездовой цикл в зависимости от ПЧ главной передачи
Figure 4 – Dependence of the fuel consumption on the ratio of the main gear

Таблица 1
ПОКАЗАТЕЛИ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВ И ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ В ЕЦ WLTC
Table 1
INDICATORS OF TRACTION-SPEED PROPERTIES AND FUEL ECONOMY IN THE WLTC

Передаточное число ГП	Расход топлива в ездовом цикле $m_{ал}$, г/ездовой цикл	Время разгона до скорости 100 км/ч, с	Время прохождения пути 400 м, с	Время прохождения пути 1 000 м, с
Значения получены на основании расчетной модели – формулы (5) и (6)				
4,1	1 341(1,7)	21,1(-0,95)	23,1(-0,26)	41,78(-0,19)
4,3*	1 357(0)	20,9(0)	23,04(0)	41,7(0)
5,125	1 418(-4,5)	21,3(-1,9)	23,8(-3,29)	44(-5,5)
Значения получены на основании экспериментальной модели – формулы (7) и (8)				
4,1	1 553(6)	30/(1,9)	29,4(0,6)	49,2(2,45)
4,3*	1 654(0)	30,6(0)	29,57(0)	50,44(0)
4,556	1 664(-0,6)	29,3(4,2)	29,4(0,6)	50,511(-0,14)
* – ПЧ серийной трансмиссии автомобиля ГАЗ 2752 «Соболь Бизнес»				
** – в скобках приведена разница показателей в процентах по отношению к соответствующим величинам, полученным при применении ПЧ серийной трансмиссии ($U_0=4,3$)				

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе выполнена оценка относительно влияния передаточного числа главной передачи автомобиля категории M_1 , на примере параметров и характеристик ГАЗ-2752 «Соболь Бизнес» с двигателем УМЗ-4216, на потребление топлива во Всемирном гармонизированном ездовом цикле WLTC с учетом изменения тягово-скоростных свойств по ГОСТ-22576 – 90.

Для выполнения данного анализа был выбран оценочный критерий, определен варьируемый параметр, разработан и рекомендован алгоритм переключения передач в рассматриваемом ЕЦ. В работе также выполнено сравнение полученных в процессе численного моделирования топливно-экономических и тягово-скоростных свойств рассматриваемого автомобиля при применении различных методов

построения математической модели нагрузочно-скоростных характеристик эффективных показателей ДВС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусаков С.В., Марков В.А., Бехджуйан Х. Расчетные исследования автомобильной силовой установки с системой рекуперации энергии // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2016. № 2(671). С. 20 – 27.
2. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств: Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». М. : Машиностроение, 1989. 240 с.
3. ГОСТ Р 41.101-99 (Правила ЕЭК ООН №101). М. : ИПК Издательство стандартов, 2001.
4. Предложение по новым глобальным техническим правилам, касающимся всемирных согласованных процедур испытания транспортных средств малой грузоподъемности, ЕЭК ООН 2014 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.unecsc.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2014/wp29/ECE-TRANS-WP29-2014-027e.pdf> (дата обращения 05.10.2017).
5. Наркевич Э.И. Методы комплексного исследования тягово-скоростных свойств и топливной экономичности городских автобусов : автореф. дис. ... канд. тех. наук. М., 1982. 16 с.
6. Токарев А.А. Гиперболический ряд передаточных чисел трансмиссии // Автомобильная промышленность. 1975. № 10. С. 16 – 18.
7. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте. М. : Транспорт, 1990. 135 с.
8. Павленко В.А. Повышение топливной экономичности автомобиля оптимизацией параметров системы «двигатель – трансмиссия» : дис. ... канд. тех. наук. Х., 2004. 178 с.
9. Адысов А.Ю. Разработка методики выбора передаточных чисел трансмиссии автомобиля на основе рационального сочетания тягово-скоростных свойств, топливной экономичности и токсичности выхлопных газов : дис. ... канд. тех. наук. Нижний Новгород, 2002. 200 с.
10. Блохин А.Н. Разработка методики поиска рациональных передаточных чисел трансмиссии с учетом эксплуатационных свойств и назначения автомобиля : дис. ... канд. тех. наук. Нижний Новгород, 2006. 256 с.
11. Русаков С.С. Разработка методики оптимизации передаточных чисел механической ступенчатой трансмиссии легкового автомобиля с учетом режимов работы его двигателя : дис. ... канд. тех. наук. Ижевск, 2007. 134 с.
12. Савенков Н.В. Метод выбора передаточных чисел трансмиссии автомобиля категории N1 на основе ездового цикла // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2016. № 2. С. 158 – 165.
13. Автомобили семейства «ГАЗель Бизнес»: руководство по эксплуатации 3302-3902010-20 РЭ. Третье издание; отв. ред. Д.В. Аросланкин. Нижний Новгород: ООО «Автозавод «ГАЗ», 2011. 88 с.
14. Березин Е.Б., Хасянов Н.И., Уланов О.А. [и др.]. Устройство, ремонт и техническое обслуживание УМЗ-4213, УМЗ-4216 Евро-3. Ульяновск : ОАО «Ульяновский моторный завод», 2008. 69 с.
15. Горожанкин С.А., Шитов А.А., Савенков Н.В. Методики для аппроксимации зависимостей нескольких переменных в программной среде MS Excel и Mathcad // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2016. № 3(247). С. 35 – 47.
16. Кирьянов Д.В. Mathcad 14. СПб. : БХВ-Петербург, 2007. 704 с.
17. Акатов Е.М., Белов П.М., Дьяченко Н.Х., Мусатов В.С. Работа автомобильного двигателя на неуставившемся режиме. М-Л : Машгиз, 1960. 282 с.
18. ГОСТ 22576-90. Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний. М. : Изд-во стандартов, 1990. 15 с.
19. Савенков Н.В. Оптимизация режимов силовой установки автомобиля для повышения его топливной экономичности // Научно-технический журнал «Автомобильная промышленность». 2016. № 6. С. 12 – 18.
20. Савенков Н.В. Метод выбора передаточных чисел силовой установки автомобиля категории N1 на основе ездового цикла : дис. ... канд. тех. наук. Москва. 2017. 206 с.

INFLUENCE OF MAIN GEAR RATIO ON CAR FUEL EFFICIENCY IN THE DRIVE CYCLE

S.A. Gorozhankin, N.V. Savenkov, V.V. Ponyakin

ABSTRACT

Introduction. The article presents the improvement efficiency of fuel and economic properties of the vehicle in WLTC driving cycle by means of the main gear ratio changing.

Materials and methods. Great attention is paid to the fuel consumption determination by the numerical simulation of the moving process in the driving cycle. To illustrate this process, a continuous function of the vehicle speed and various mathematical models of the internal combustion engine characteristics – based on the classical theory, and also on the basis of experimental studies with additional account of transient modes – is formed in the research.

Results. Therefore, the corresponding values of the mass fuel consumption and the gear shifting algorithm are proposed in the article.

Discussion. The obtained results allow to carry out the effect of individual gear ratios' evaluation on the fuel and economic efficiency of the vehicle in the prospective World Harmonized Driving Cycle with additional consideration of the traction and speed performance changing.

Conclusion. It can be concluded that the calculation methods used in the research could be applied for solving the problems of complex optimization synthesis of structural and regime parameters in mechanical transmissions of modern automobiles.

KEYWORDS: *drive cycle, mass fuel consumption, gear ratio, internal combustion engine, transmission, main gear, power balance.*

REFERENCES

1. Gusakov S.V., Markov V.A., Behdzhuhan H. Raschetnye issledovaniya avtomobilnoy silovoy ustanovki s sistemoy rekuperatsii energii [Calculation studies of an automobile power plant with an energy recovery system]. Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building, 2016, no 671, pp. 20 – 27.

2. Litvinov A.S. Avtomobil: Teoriya ekspluatatsionnykh svoystv: Uchebnik dlya vuzov po spetsialnosti "Avtomobili i avtomobilnoye khozyaystvo", [Car: The theory of operational properties: A textbook for high schools on the specialty "Cars and Automobile Economy"]. Moscow, Mechanical engineering, 1989. 240 p.

3. State Standard 41.101-99. Moscow, IPK Standartinform Publ., 2001. 41p.

4. Predlozhenie po novym global'nym tekhnicheskim pravilam, kasajushimsya vseмирnyh soglasovannyh procedur ispytaniya transportnykh sredstv maloj gruzopodemnosti [Proposal for a new global technical regulation on the Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure (WLTP)]. Available at <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2014/wp29/ECE-TRANS-WP29-2014-027e.pdf> (accessed 05 November 2017).

5. Narkevich E.I. Metody kompleksnogo issledovaniya tyagovo-skorostnykh svoystv i toplivnoy ekonomichnosti gorodskikh avtobusov. avtoref. dis. kand. tekhn. nauk [Methods for a comprehensive study of traction-speed properties and fuel economy of city buses, abstract Diss. of Ph.D.]. Moscow, 1982. 16p.

6. Tokarev A.A. Giperbolicheskiy ryad peredatochnykh chisel transmissii [Hyperbolic series of transmission ratio]. Automotive industry, 1975, no. 10, pp. 16 – 18.

7. Govorushchenko N.Ya. Ekonomiya topliva i snizheniye toksichnosti na avtomobilnom transporte [Fuel economy and toxicity reduction in road transport]. Moscow, Transport, 1990, 135 p.

8. Pavlenko V.A. Povysheniye toplivnoy ekonomichnosti avtomobilya optimizatsiyey parametrov sistemy "dvigatel – transmissiya" dis. kand. tekhn. nauk [Improving the fuel economy of the car by optimizing the parameters of the engine-transmission system. Diss. of Ph. D.]. Kharkiv, KhNAHU, 2004. 178p.

9. Adyasov A.Yu. Razrabotka metodiki vybora peredatochnykh chisel transmissii avtomobilya na osnove ratsionalnogo sochetaniya tyagovo-skorostnykh svoystv. toplivnoy ekonomichnosti i toksichnosti vykhlopnykh gazov: dis. kand. tekhn. nauk [Development of a technique for selecting transmission ratios of the car's transmission based on a rational combination of traction-speed properties, fuel efficiency and exhaust toxicity. Diss. of Ph.D.]. Nizhny Novgorod, NNSTU, 2002. 200p.

10. Blokhin A.N. Razrabotka metodiki poiska ratsionalnykh peredatochnykh chisel transmissii s uchetom ekspluatatsionnykh svoystv i naznacheniya avtomobilya: dis. kand. tekhn. nauk [Development of a technique for the search for rational transmission ratios of the transmission, taking into account the operational properties and purpose of the vehicle. Diss. of Ph.D.]. Nizhny Novgorod, NNSTU, 2006. 256p.

11. Rusakov S.S. Razrabotka metodiki optimizatsii peredatochnykh chisel mekhanicheskoy stupenchatoy transmissii legkovogo avtomobilya s uchetom rezhimov raboty ego dvigatelya: dis. kand. tekhn. nauk [Development of a technique for optimizing the gear ratios of a mechanical step-by-step transmission of a passenger car, taking into account the operating modes of its engine. Diss. of Ph.D.]. Izhevsk, ISTU, 2007. 134p.

12. Savenkov N.V. Metod vybora peredatochnykh chisel transmissii avtomobilya kategorii N1 na osnove ezdogovogo tsikla [The method of selecting transmission ratios of the N1 category car transmission based on the driving cycle]. Vestnik KuzSTU, 2016, no. 2, pp.158 – 165.

13. D.V. Aroslinkin Avtomobili semeystva «GAZel Biznes». Rukovodstvo po ekspluatatsii 3302-3902010-20 RE. Trete izdanie [Cars of the GAZel Business family. Manual 3302-3902010-20 RE. Third Edition] Nizhny Novgorod, GAZ, 2011. 88 p.

14. Berezin E.B., Hasyanov N.I., Ulanov O.A. Ustroystvo, remont i tekhnicheskoe obsluzhivanie UMZ-4213, UMZ-4216 Evro-3 [Device, repair and maintenance UMZ-4213, UMZ-4216 Euro-3]. Ulyanovsk, UMZ, 2008, 69 p.

15. Gorozhankin S. A., Shitov A. A., Savenkov N. V., Metodiki dlya approksimatsii zavisimostey neskolkih peremennykh v programmnoy srede MS Excel i Mathcad [Techniques for approximating the dependencies of several variables in the MS Excel and Mathcad software environment], Ntv SpbSTU, 2016, no 247, pp.35 – 47.

16. Kiryanov D.V. Mathcad 14, Saint Petersburg, BHV-Petersburg, 2007. 704p.

17. Akatov E.M., Belov P.M., D'yachenko N.H., Musatov B.C. Rabota avtomobilnogo dvigatelya na neustanovivshemsya rezhime [The operation of the car engine at an unsteady state]. Moscow-Leningrad, Mechanical engineering, 1960. 282 p.

18. State Standard 22576-90. Motor vehicles. Speed characteristics. Test methods. Moscow, Standartinform Publ., 1990. 15 p.

19. Savenkov N.V. Optimizatsiya rezhimov silovoy ustanovki avtomobilya dlya povysheniya ego toplivnoy ekonomichnosti [Optimization of the modes of the power plant of the car for increasing its fuel efficiency]. Automotive industry, 2016, no 6, pp. 12 – 18.

20. Savenkov N.V. Metod vybora peredatochnykh chisel silovoy ustanovki avtomobilya kategorii N1 na osnove ezdogovogo tsikla: dis. kand. tekhn. nauk [The method of choosing the gear ratios of the power plant of a car of category N1 on the basis of a driving cycle. Diss. of Ph.D.]. Moscow, 2017. 206p.

Поступила 30.11.2017, принята к публикации 15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Горожанкин Сергей Андреевич (г. Макеевка) – доктор технических наук, профессор кафедры «Техническая эксплуатация и сервис автомобилей, технологических машин и оборудования», ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» (286123, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2; e-mail: gormar52@gmail.com).

Gorozhankin Sergey A (Makeevka) – Doctor of Technical Sciences, Professor, State Educational Institution of Higher Professional Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture» (286123, Makeevka, street Derzhavina, 2, e-mail: gormar52@gmail.com).

Savenkov Nikita V (Makeevka) – Doctor of Philosophy, assistant, State Educational Institution of Higher Professional Education “Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture” (286123, Makeevka, street Derzhavina, 2, e-mail: SavenkovNV@ya.ru).

*Ponyakin Victor V (Makeevka) – assistant,
State Educational Institution of Higher
Professional Education “Donbass National
Academy of Civil Engineering and Architecture”
(286123, Makeevka, street Derzhavina, 2, e-mail:
PonyakinVV@mail.ru).*

Горожанкин С.А. Создание концепции исследования, постановка целей и задач, общее руководство.

Савенков Н.В. Проведение экспериментальной части исследования. Разработка расчётно-экспериментальных методик для определения характеристик автомобильных двигателей и силовых установок с учетом неустановившихся режимов движения.

Понякин В.В. Разработка математических моделей режимов движения автомобиля в ездовом цикле WLTC; расчёт топливной экономичности АТС в комплексе нестационарных режимов.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ СУПЕРПОЗИЦИИ ПЛОСКИХ МОДЕЛЕЙ МОСТОВОГО КРАНА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ГАШЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА

АННОТАЦИЯ

Введение. Для динамической системы плоского маятника с затуханием колебаний, описывающей колебания груза мостового крана на гибком канатном подвесе в отдельной вертикальной плоскости, предложено решение задачи перемещения груза на заданное расстояние с выполнением условия полного гашения его неуправляемых маятниковых пространственных колебаний.

Материалы и методы. *Использован принцип пересчета временных зависимостей углов отклонения грузового каната от вертикали в зависимости ускорений, скоростей и перемещений точки подвеса груза на грузовой тележке в отдельной плоскости движения моста либо грузовой тележки. Учтены кинематические ограничения на перемещения точки подвеса груза в виде максимально достижимых ускорений и скоростей моста и грузовой тележки крана.*

Результаты. Подтверждена гипотеза о соблюдении принципа суперпозиции колебаний при совместном перемещении груза в двух взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостях пространства при малых значениях углов отклонения грузового каната от вертикали.

Обсуждение и заключение. Проведена оценка точности суперпозиции плоских моделей маятниковой системы мостового крана при гашении пространственных колебаний груза. Пространственные перемещения груза в двух взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостях пространства могут быть с достаточной для практических целей точностью смоделированы с использованием сравнительно несложной плоской математической модели маятниковой системы мостового крана с грузом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *мостовой кран, суперпозиция, гашение колебаний груза, маятниковая система, раскачивание каната, ограничение колебаний.*

ВВЕДЕНИЕ

Раскачивание и маятниковые колебания груза, перемещаемого мостовым краном (МК), обусловлены гибкостью канатного подвеса груза. При отсутствии целенаправленного гашения колебаний любые перемещения груза приводят к его большему или меньшему раскачиванию, в котором, как правило, всегда присутствует неуправляемая компонента. Колебания увеличивают время цикла МК, снижают не только производительность, но и безопасность работ [1, 2, 3]. Возможно полное гашение неуправляемой компоненты маятниковых колебаний груза в отдельной плоскости. Для этого предлагается перемещать точку подвеса груза (грузовую тележку МК) по некоторой нелинейной временной зависимости (траектории), которая не только подавляет неуправляемую компоненту колебаний, но и обеспечивает заданную временную зависимость угла отклонений грузового каната МК от вертикали.

Известные методы синтеза указанной траектории точки подвеса маятниковой системы [3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12] имеют общий недостаток в виде сравнительно большой погрешности реализации как угла отклонения грузового каната МК от вертикали, так и линейных координат перемещаемого груза. Либо угол отклонения грузового каната МК от вертикали вообще не отслеживается и не контролируется. Время перемещения при подавлении раскачиваний груза, как правило, увеличивается. Известные алгоритмы характеризуются сравнительной сложностью и необходимостью применения специфического математического аппарата, такого как нечеткая логика [3], теория оптимального управления [4], шейпинг-управление [11] и др.

В связи с изложенным была поставлена цель разработки такой сравнительно несложной математической модели, которая позволяла бы не только ограничивать неуправляемые раскачивания груза в отдельной плоскости (в направлении движения моста или грузовой тележки МК), но и при использовании суперпозиции (наложения) гашения колебаний в пространстве давала бы достаточно точные результаты. Основной задачей данной работы являлась оценка точности суперпозиции двух плоских моделей маятниковой системы мостового крана при ограничении пространственных колебаний груза (вызываемые одновре-

менным движением как моста, так и грузовой тележки МК).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для синтеза искомой нелинейной временной зависимости перемещения точки подвеса груза (грузовой тележки), подавляющей неуправляемые колебания, авторами предложено использовать математическую модель плоского маятника в виде известного нелинейного дифференциального уравнения второго порядка [13, 14, 15, 16, 17]

$$\ddot{q} + (2b/m) \cdot \dot{q} + (g/L) \cdot \sin(q) + (\ddot{x}/L) \cdot \cos(q) = 0, \quad (1)$$

где m – масса груза, кг; L – длина грузового каната МК от подвижной точки подвеса на грузовой тележке (центр блока роликов полиспаста) до центра масс груза, м; b – приведенный к угловой координате коэффициент вязкого трения, задающий меру диссипации энергии, Н·м·с/рад; q , $\dot{q}$, $\ddot{q}$ – угол отклонения грузового каната МК от гравитационной вертикали и его первые две производные по времени соответственно, рад, рад/с, рад/с²; $g = 9,81$ – ускорение свободного падения, м/с²; $\ddot{x}$ – линейное ускорение точки подвеса груза в горизонтальном направлении движения грузовой тележки, м/с².

Были приняты допущения о постоянстве длины грузового каната L в процессе перемещения груза, о бесступенчатом характере регулирования скорости $\dot{x}$ и ускорения $\ddot{x}$ разгона и торможения точки подвеса груза (грузовой тележки МК, что обеспечивает ЧРП) в горизонтальном направлении, и о пренебрежимо малом влиянии массы перемещаемого груза и подвижных звеньев МК на управляемый параметр ускорения точки подвеса $\ddot{x}$.

Авторами разработан алгоритм перемещения груза в режиме гашения колебаний, синтезирующий непрерывное (бесступенчатое) управление точкой подвеса, которое может быть реализовано при помощи частотно-регулируемых приводов (ЧРП) МК. Перспективными ЧРП оснащаются большинство изготавливаемых в настоящее время МК. Алгоритм учитывает ограничения в виде максимальных скорости и ускорения подвижной точки подвеса груза на МК (грузовой тележки).

Груз из состояния покоя на вертикальном канатном подвесе перемещался МК на заданное расстояние l_x . После перемещения (в мо-

мент времени T) груз также находился в состоянии, близком к состоянию покоя (отсутствие остаточных колебаний).

Использован принцип пересчета временной зависимости $q(t)$ угла отклонения грузового каната от вертикали в зависимости ускорений, скоростей и перемещений точки подвеса груза на грузовой тележке. Зависимость $q(t)$ задавалась в виде суммы четырех элементарных сигмоидальных функций [7, 9, 17, 18]

$$q(t) = A / (e^{k(c_1-t)} + 1) - A / (e^{k(c_3-t)} + 1) + \\ + A / (e^{-k(c_2-t)} + 1) - A / (e^{-k(c_4-t)} + 1), \quad (2)$$

где A – амплитуда угла наклона грузового каната МК во время перемещения груза, рад; k – коэффициент крутизны нарастания и спада значения угла q ; c_1, c_2 – временные значения локальных центров нарастания и спада угла наклона грузового каната МК в положительном направлении (разгон МК с грузом), с; c_3, c_4 – временные значения локальных центров нарастания и спада угла наклона грузового каната МК в отрицательном направлении (торможение МК с грузом при приближении к целевой точке), с.

Аналитическое дифференцирование выражения (2) позволяет в символьном виде получить выражения для первой $\dot{q}(t)$ и второй $\ddot{q}(t)$ производных угла наклона каната, которые не приводятся вследствие больших размеров формул. Выражение ускорения точки подвеса $\ddot{x}$ из (1) имеет вид

$$\ddot{x} = -L(\ddot{q} + 2b\dot{q}/m + g \cdot \sin(q)/L) / \cos(q). \quad (3)$$

Подстановка аналитических выражений $\dot{q}(t)$ и $\ddot{q}(t)$ в (3) позволяет получить аналитическое выражение $\ddot{x}(t)$.

Вывод аналитических выражений интегралов $\dot{x}(t)$ и $x(t)$ затруднен. Поэтому вектор дискретных значений зависимости ускорения точки подвеса от времени $\ddot{x}(t)$ дважды интегрировался при помощи известного численного метода трапеций [19, 20]. В результате формировался вектор дискретных значений перемещения точки подвеса $x(t)$.

Последовательная оптимизация значений параметров A, k, c_1, c_2, c_3, c_4 , входящих в выражение (2), может быть выполнена различными способами. Авторами было установлено путем вычислительных экспериментов, что указан-

ная оптимизация позволит не только учесть ограничения на предельные максимальные значения скорости $\dot{x}_{\text{lim}}$ и ускорения $\ddot{x}_{\text{lim}}$ точки подвеса груза, но и переместить груз на заданное расстояние l_x . Поскольку первым в разработанном алгоритме вычисляется временной ряд значений угла наклона грузового каната по (2), алгоритм обеспечивает полную управляемость углом отклонения грузового каната, когда последний в процессе перемещения груза достигает точно заданного максимального значения. Это гарантирует максимальное быстрое действие.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Вычислительными экспериментами была подтверждена гипотеза о соблюдении принципа суперпозиции при совместном перемещении груза вдоль двух взаимно перпендикулярных горизонтально расположенных осей X и Z неподвижной системы координат $OXYZ$, когда углы отклонения грузового каната от вертикали достаточно малы ($\max 1 - 3^\circ$). Оценка точности суперпозиции двух плоских моделей маятниковой системы мостового крана при перемещении груза по пространственной траектории в режиме гашения колебаний выполнялась по критерию абсолютной погрешности линейных координат условного центра груза Δ :

$$\Delta = \max(\Delta_i);$$

$$\Delta_i = \sqrt{|x_{gi} - x_{gsmi}|^2 + |z_{gi} - z_{gsmi}|^2}, \quad i=1, \dots, n,$$

где x_{gi} и z_{gi} – координаты груза вдоль осей OX и OZ соответственно на шаге времени i , полученные независимо друг от друга по разработанному алгоритму с использованием уравнений (1) – (3); x_{gsmi} и z_{gsmi} – координаты груза вдоль осей OX и OZ соответственно на шаге времени i , полученные одновременно на общей пространственной модели МК с грузом в системе MATLAB SimMechanics Second Generation (см. рисунок 1).

В качестве допущения трехмерная имитационная модель МК в системе MATLAB SimMechanics Second Generation рассматривалась как эталонный объект, идентичный реальному МК. Относительно перемещений имитационной модели МК рассчитывалась погрешность.

Мосту и грузовой тележке МК в пространственной имитационной модели одновременно сообщали движения, по отдельности син-

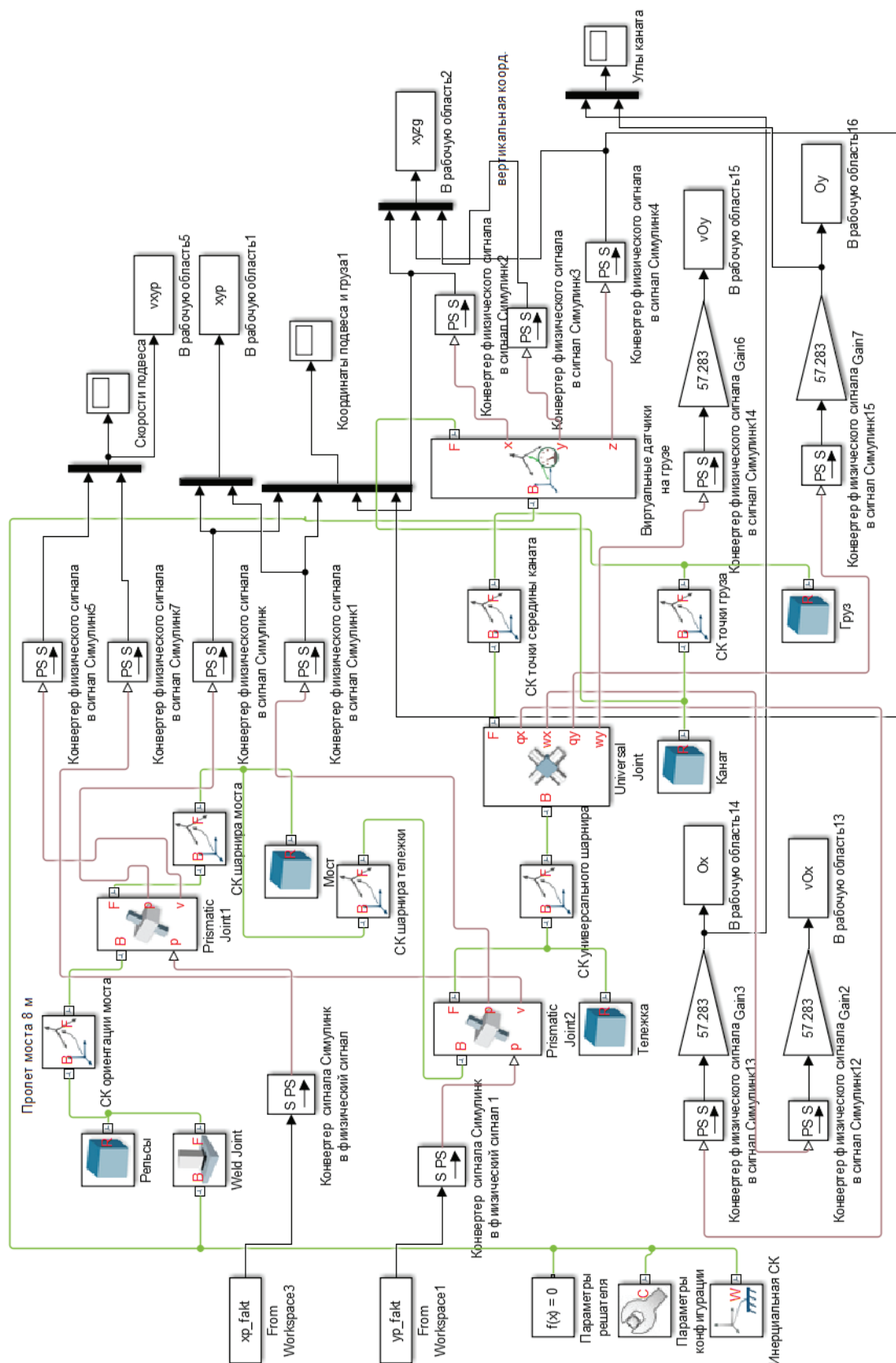


Рисунок 1 – Пространственная имитационная модель мостового крана с грузом в системе MATLAB SimMechanics Second Generation

Figure 1 – Spatial simulation model of the bridge crane with a load in the MATLAB SimMechanics Second Generation system

тезированные разработанным алгоритмом по координатам X и Z соответственно. В результате груз при моделировании в системе MATLAB перемещался по пространственной траектории (см. рисунок 2, а).

Постоянные значения массы груза, длины каната и коэффициента диссипации составляли $m=100$ кг, $L=10$ м, $b=0,5$ Н·м·с/рад. Ограничения максимальных значений скорости и ускорения точки подвеса груза принимали также постоянные значения $\dot{x}_{\text{lim}}=1,5$ м/с и $\ddot{x}_{\text{lim}}=0,4$ м/с² для моста и $\dot{z}_{\text{lim}}=0,7$ м/с и $\ddot{z}_{\text{lim}}=0,5$ м/с² для грузовой тележки соответственно. Углы отклонения грузового каната в направлениях осей OX и OZ не превышали 2° .

Использовался центральный симметричный план вычислительного эксперимента. Варьируемыми параметрами при этом выступали: расстояния перемещений груза l_x и l_z вдоль координатных осей OX и OZ соответственно, задержка времени τ при движении вдоль оси OZ .

В центре симметричного плана вычислительного эксперимента указанные параметры принимали значения $l_x = 15$ м, $l_z = 10$ м, $\tau = 5$ с. Диапазоны варьирования параметров имели вид: $l_x = [13:1:17]$ м; $l_z = [8:1:12]$ м; $\tau = [3:1:7]$ с.

Результаты вычислительного эксперимента приведены на рисунке 2, б.

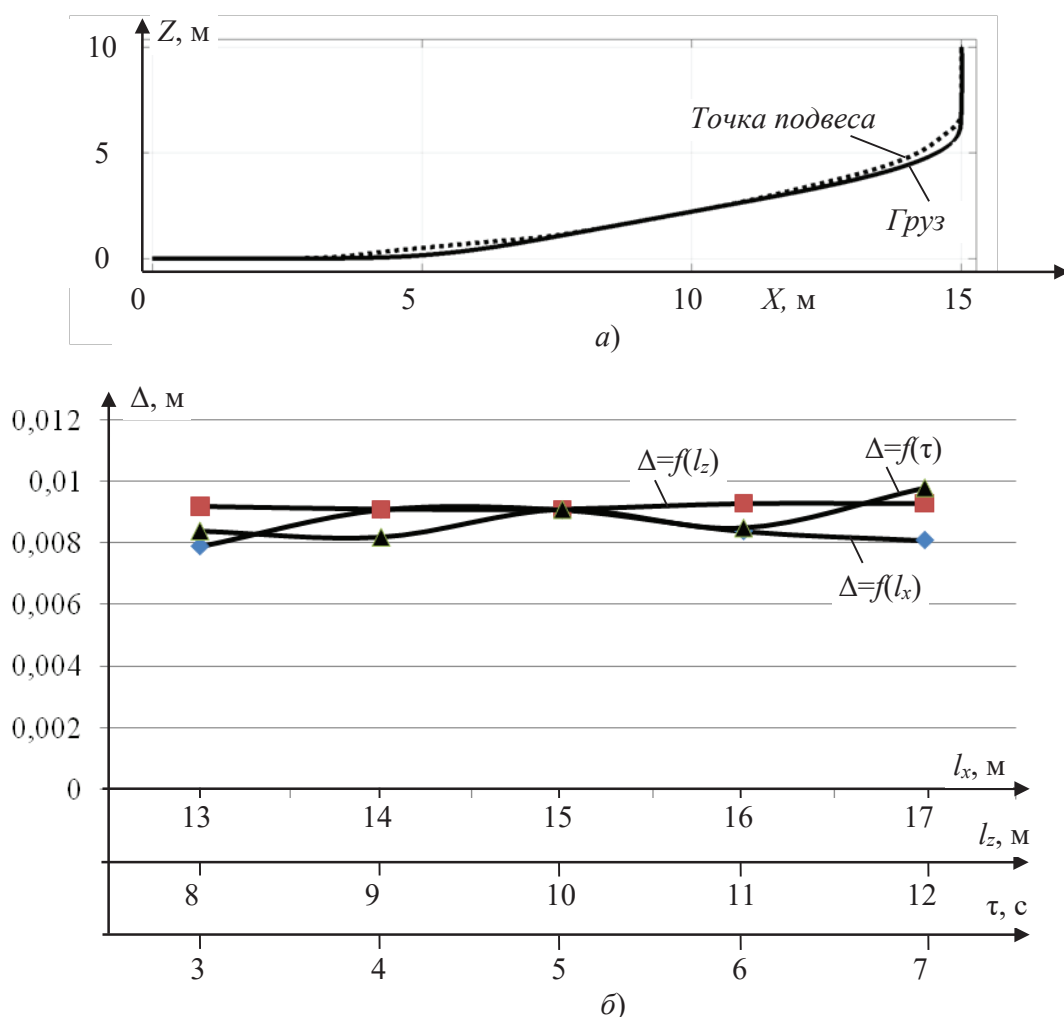


Рисунок 2 – Траектории движения груза и подвеса (вид сверху) в центральной точке плана вычислительного эксперимента (а); зависимости абсолютной погрешности линейных координат условного центра груза Δ от расстояний перемещений груза l_x и l_z вдоль координатных осей OX и OZ соответственно и задержки времени τ (б)

Figure 2 – Trajectory of cargo movement and suspension (top view) in the central point of the plan of the computing experiment (a); dependence of the linear coordinates' absolute error of the conditional center on the load Δ from the displacements of the load l_x and l_z along the coordinate axes OX and OZ , and the time delay τ (b)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ приведенных на рисунке 2 результатов позволил сделать следующие выводы. Варьирование линейных размеров исследуемой траектории и задержки времени при движении вдоль второй горизонтальной оси приводит к незначительным ($\pm 10\%$) изменениям абсолютной погрешности линейных координат условного центра груза Δ относительно эталонной траектории, полученной с использованием пространственной имитационной модели. При этом все три варьируемых параметра оказывают примерно равное влияние на точность. Абсолютная погрешность при всех сочетаниях варьируемых параметров не превышает 0,01 м, что можно считать достаточной точностью при перемещениях груза МК.

Таким образом, пространственные перемещения груза в двух взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостях пространства могут быть описаны и смоделированы без использования сравнительно сложной пространственной имитационной модели МК. Для этого предлагается использовать суперпозицию плоских колебаний груза в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Математическая модель плоских колебаний позволяет не только переместить груз на заданное расстояние с выполнением условия полного гашения его неуправляемых маятниковых пространственных колебаний, но и обеспечить полную управляемость углами отклонений грузового каната и линейными координатами груза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щедрин А.В., Сериков С.А., Колмыков В.В. Автоматическая система успокоения колебаний груза для мостового крана // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007. № 8. С. 13 – 17.
2. Толочко О.И., Бажутин Д.В. Сравнительный анализ методов гашения колебаний груза, подвешенного к механизму поступательного движения мостового крана // Электромашиностроение и электрооборудование. 2010. № 75. С. 22 – 28.
3. Алгоритмы подавления колебаний грузов подъем-

но-транспортных механизмов с использованием нечеткой логики функционирования / О.А. Шведова и др. // Доклады БГУИР. 2014. № 1 (79). С. 65 – 71.

4. Черноусько Ф.Л., Акуленко Л.Д., Соколов Б.Н. Управление колебаниями. М.: Наука, 1980. 383 с.

5. Ridout A.J. Anti-swing control of the overhead crane using linear feedback // J. of Electrical and Electronics Engineering. 1989. Vol. 9, no. 1/2. pp. 17 – 26.

6. Omar H.M. Control of gantry and tower cranes : PhD Dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia. 2003. 100 p.

7. Korytov M., Shcherbakov V., Volf E. Impact sigmoidal cargo movement paths on the efficiency of bridge cranes // International Journal of Mechanics and Control, ISSN: 1590-8844. 2015. Vol. 16, no. 2. pp. 3 – 8.

8. Shcherbakov V. etc. The reduction of errors of bridge crane loads movements by means of optimization of the spatial trajectory size // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 811. pp. 99 – 103.

9. Shcherbakov V. etc. Mathematical modeling of process moving cargo by overhead crane // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 701-702. pp. 715 – 720.

10. Kim Y.S. etc. A new vision-sensorless anti-sway control system for container cranes // Industry Applications Conference. 2003. Vol. 1. pp. 262 – 269.

11. Blackburn D. etc. Command Shaping for Nonlinear Crane Dynamics // Journal of Vibration and Control. 2010. № 16. pp. 477 – 501.

12. Singer N., Singhose W., Seering W. Comparison of filtering methods for reducing residual vibration // European Journal of Control. 1999. no. 5. pp. 208 – 218.

13. Блехман И. И. Вибрационная механика. М.: Физматлит, 1994. 400 с.

14. Щербakov В.С., Коротов М.С., Вольф Е.О. Алгоритм компенсации неуправляемых пространственных колебаний груза и повышения точности траектории его перемещения грузоподъемным краном // Вестник машиностроения, 2015. № 3. С. 16 – 18.

15. Бутиков Е.И. Необычное поведение маятника при синусоидальном внешнем воздействии // Компьютерные инструменты в образовании. 2008. № 2. С. 24 – 36.

16. Кильчевский Н.А. Курс теоретической механики, Т. 1 (кинематика, статика, динамика точки). М.: Наука, 1972. 456 с.

17. Коротов М.С. Перемещение грузовой тележки мостового крана в режиме подавления неуправляемых колебаний груза // Проблемы управления. 2017. № 2. С. 10 – 16.

18. Mitchell, Tom M. Machine Learning. WCB/McGraw-Hill, 1997. 414 p.

19. Крылов В.И. Приближенное вычисление интегралов. М.: Наука, 1967. 500 с.

20. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З. Основы вычислительной математики. М.: Наука, 1967. 368 с.

ACCURACY EVALUATION OF THE BRIDGE CRANE FLAT MODELS' SUPERPOSITION AT MODELING THE SATURATION OF CARGO SPATIAL VIBRATIONS

M.S. Korytov, V.S. Shcherbakov

ABSTRACT

Introduction. A solution of the problem of moving the load to a given distance is proposed in the article with the fulfillment of the condition for complete quenching of the uncontrollable pendulum spatial oscillations for the plane pendulum dynamical system with oscillations' damping describing the load oscillations of the bridge crane on a flexible cable suspension in a separate vertical plane.

Materials and methods. The recalculation principle of the time dependences of the cargo rope deviation from the dependence of the vertical acceleration, speed and movement of the load suspension on the freight trolley in a separate bridge plane or the freight trolley. The kinematic restrictions on the movement of the cargo suspension point in the form of the maximum achievable accelerations, speeds of the bridge and the truck of the crane are taken into account in the research.

Results. The principle hypothesis of the swings' superposition in the joint cargo movement of two mutually perpendicular vertical planes is confirmed with small deviation angles' values of the load rope from the vertical position.

Discussion and conclusion. The accuracy of the superposition of the bridge crane pendulum system flat models is evaluated in the process of suppressing the spatial cargo swings. The spatial cargo movement in two mutually perpendicular vertical planes could be simulated with sufficient accuracy for practical purposes using a relatively simple flat mathematical model of the loaded bridge crane pendulum system.

KEYWORDS: bridge crane, superposition, damping of cargo swings, pendulum system, rope swing, swing limits.

REFERENCES

1. Shhedrinov A.V., Serikov S.A., Kolmykov V.V. Avtomaticheskaja sistema uspokoenija kolebanij gruza dlja mostovogo krana [Automatic system of calming the load for the bridge crane]. Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika, 2007, no. 8, pp. 13 – 17.
2. Tolochko O.I., Bazhutin D.V. Sravnitel'nyj analiz metodov gashenija kolebanij gruzov, podveshennogo k mehanizmu postupatel'nogo dvizhenija mostovogo krana [Comparative analysis of methods for damping the swings of a load suspended to the mechanism of translational movement of a bridge crane]. Jelektromashinostroenie i jelektrooborudovanie, 2010, no. 75, pp. 22 – 28.
3. Shvedova O.A. Algoritmy podavlenija kolebanij gruzov podjemno-transportnyh mehanizmov s ispol'zovaniem nechetkoj logiki funkcionirovanija [Algorithms for suppressing the swings of cargoes of hoisting-and-transport mechanisms using fuzzy logic of functioning]. Doklady BGUIR, 2014, no.1 (79), pp. 65 – 71.
4. Chernous'ko F.L., Akulenko L.D., Sokolov B.N. Upravlenie kolebanijami [Control of swings]. Moscow, Nauka, 1980, 383 p.
5. Ridout A.J. Anti-swing control of the overhead crane using linear feedback. J. of Electrical and Electronics Engineering, 1989, Vol. 9, no. 1/2, pp. 17 – 26.
6. Omar H.M. Control of gantry and tower cranes : PhD Dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia, 2003, 100 p.
7. Korytov M., Shcherbakov V., Volf E. Impact sigmoidal cargo movement paths on the efficiency of bridge cranes. International Journal of Mechanics and Control, ISSN: 1590-8844, 2015, Vol. 16, no. 2, pp. 3 – 8.
8. Shcherbakov V. etc. The reduction of errors of bridge crane loads movements by means of optimization of the spatial trajectory size. Applied Mechanics and Materials, 2015, Vol. 811, pp. 99 – 103.
9. Shcherbakov V. etc. Mathematical modeling of process moving cargo by overhead crane. Applied Mechanics and Materials, 2014, Vols. 701 – 702, pp. 715 – 720.
10. Kim Y.S., etc. A new vision-sensorless anti-sway control system for container cranes. Industry Applications Conference, 2003, Vol. 1, pp. 262 – 269.
11. Blackburn D. etc. Command Shaping for Nonlinear Crane Dynamics. Journal of Vibration and Control, 2010, no. 16, p. 477 – 501.
12. Singer N., Singhose W., Seering W. Comparison of filtering methods for reducing residual vibration. European Journal of Control, 1999, no. 5, pp. 208 – 218.
13. Blehman I.I. Vibracionnaja mehanika [Vibration

mechanics]. Moscow, Fizmatlit, 1994. 400 p.

14. Shcherbakov V.S., Korytov M.S., Volf E.O. Algoritm kompensacii neupravljaemyh prostranstvennyh kolebanij gruzov i povyshenija tochnosti traektorii ego peremeshhenija gruzopodemnym kranom [Algorithm for compensation of uncontrolled spatial swings of cargo and increase of accuracy of the trajectory of its movement by a crane]. Vestnik mashinostroenija, 2015, no. 3, pp. 16 – 18.

15. Butikov E.I. Neobychnoe povedenie majatnika pri sinusoidalnom vneshnem vozdejstvii [Unusual pendulum behavior with sinusoidal external action]. Kompjuternye instrumenty v obrazovanii, 2008, no. 2, pp. 24 – 36.

16. Kilchevskij N.A. Kurs teoreticheskoy mehaniki, T. 1 (kinematika, statika, dinamika tochki) [Course of theoretical mechanics, T. 1 (kinematics, statics, point dynamics)]. Moscow, Nauka, 1972. 456 p.

17. Korytov M.S. Peremeshhenie gruzovoj teleshki mostovogo krana v rezhime podavlenija neupravljaemyh kolebanij gruzov [Moving a truck crane bridge crane in the mode of suppressing uncontrolled swings of cargo]. Problemy upravlenija, 2017, no. 2, pp. 10 – 16.

18. Mitchell Tom M. Machine Learning. WCB/McGraw-Hill, 1997, 414 p.

19. Krylov V.I. Priblizhennoe vychislenie integralov [Approximate calculation of integrals]. Moscow, Nauka, 1967, 500 p.

20. Demidovich B.P., Maron I.A., Shuvalova Je.Z. Osnovy vychislitel'noj matematiki [Fundamentals of Computational Mathematics]. Moscow, Nauka, 1967. 368 p.

Поступила 17.01.2018, принята к публикации 15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Корытов Михаил Сергеевич (г. Омск, Россия) – доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «СибАДИ», профессор кафедры «АКМТ», ORCID 0000-0002-5104-7568, Scopus Author ID 57035238500, Researcher ID B-5667-2015 (644080, г. Омск, пр. Мухоморова д. 5, e-mail: kms142@mail.ru).

Korytov Mikhail Sergeevich (Omsk, Russia) – Doctor of Engineering Science, Associate Professor, FGBOU VO "SIBADI", Professor of

the Department "AKMiT", ORCID 0000-0002-5104-7568, Scopus Author ID 57035238500, Researcher ID B-5667-2015 (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: kms142@mail.ru).

Щербakov Виталий Сергеевич (г. Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «СибАДИ», заведующий кафедрой «АППиЭ», ORCID 0000-0002-3084-2271, Scopus Author ID 57034922100, Researcher ID N-1716-2017 (644080, г. Омск, пр. Мира д. 5, e-mail: sherbakov_vs@sibadi.org).

Shcherbakov Vitaliy Sergeevich (Omsk, Rus-

sia) – Doctor of Technical Sciences, Prof., FGBOU VO "SIBADI", Head. Dep. "APPiE", ORCID 0000-0002-3084-2271, Scopus Author ID 57034922100, Researcher ID N-1716-2017 (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: sherbakov_vs@sibadi.org).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Корытов М.С. Исследование состояния вопроса, вывод уравнений математической модели, разработка программного продукта для проверки работоспособности математической модели.

Щербakov В.С. Редактирование текста статьи, заключение.

УДК 620.22
620.178.16

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Ю.К. Машков¹, О.А. Кургузова², А.С. Рубан³

¹ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск, Россия;

²Омский автобронетанковый инженерный институт, г. Омск, Россия;

³ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Развитие современной техники выдвигает новые и более высокие требования к физико-механическим свойствам полимерных композиционных материалов, широко применяемых в узлах трения (подшипников, герметизирующих устройств и т.п.) машин общего, специального назначения: транспортных, дорожно-строительных, горных. Это обуславливает актуальность задачи создания новых полимерных нанокomпозитов триботехнического назначения с высокими физико-механическими и триботехническими свойствами. Названная задача решается методами структурной модификации полимерной матрицы ПКМ, а также оптимизацией технологического процесса синтеза композиционных материалов.

Методы и материалы. Одним из перспективных методов структурной модификации является введение в полимерную матрицу наполнителей различного типа, особенно дисперсных и волокнистых, а в последние годы – ультрадисперсных и наноразмерных. Композиционным материалам с нанодисперсными наполнителями присущи свойства, существенно отличающиеся от свойств материала с микро- и макродисперсными частицами, вследствие высокой поверхностной активности наноразмерных частиц наполнителей.

Результаты. В данной работе рассматриваются результаты разработки и исследования полимерных нанокomпозитов с полидисперсными и наноразмерными наполнителями, их влияние на структуру и износостойкость полимерных композиционных материалов на основе политетрафторэтилена.

Обсуждение и заключение. Эффективность использования полимерных композиционных материалов в узлах трения машин существенно повышается при совершенствовании конструкции узлов с учетом особенностей физико-механических свойств и технологических возможностей полимеров.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: полимерные композиционные материалы; политетрафторэтилен; нанотрубки; структурная модификация; ограничение теплового расширения; износостойкость.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований по созданию новых полимерных композиционных материалов (ПКМ) антифрикционного назначения на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) обусловлена разнообразием эксплуатационных требований, предъявляемых к материалам, и уникальностью свойств полимерной матрицы. Полимерные композиционные материалы играют прогрессивную роль в развитии прибор- и машиностроения, которая заключается не только в возможности замены различных металлов и сплавов, но и в повышении надежности и долговечности деталей машин и особенно узлов трения. Узлы трения и другие элементы конструкций машин, изготовленные с использованием полимерных материалов, имеют меньшую массу, работают практически бесшумно, обладают демпфирующей способностью, в ряде случаев не требуют смазки. Детали из полимерных материалов работают в вакууме, в химически активной и инертной средах, при криогенных и повышенных температурах в различных узлах трения в широком интервале нагрузок и скоростей скольжения [13]. Задача формирования комплекса эксплуатационных характеристик ПКМ методом структурной модификации матрицы решается путем оптимизации состава и концентрации наполнителей, а также технологического процесса синтеза композиционных материалов. Известно, что эффективными наполнителями для ПТФЭ являются углеродные наполнители, в том числе графит, сажа, углеродные волокна и наноразмерные структуры [1, 2, 3, 4, 5, 6, 23]. Все более привлекательными среди перечисленных наполнителей для использования при создании новых антифрикционных композитов становятся наноразмерные модификаторы, в том числе углеродные нанотрубки. Структурная модификация ПТФЭ и других полимеров введением наноразмерных модификаторов способствует развитию структурообразующих процессов в матрице, изменению свойств и повышению эксплуатационных характеристик материала, в частности износостойкости [4, 5, 6, 7, 23].

Для комплексного улучшения свойств ПКМ в полимерную матрицу одновременно вводят несколько наполнителей, которые, выполняя различные функции, приводят к изменению как надмолекулярной структуры, так и свойств композита [1, 20].

Изменение морфологии надмолекулярной структуры и свойств полимера при введении структурно активных наполнителей зависит

от природы наполнителя, формы и дисперсности частиц. Установлено, что углеродные наполнители обладают высокой структурной активностью, их введение способствует значительному изменению структуры матрицы, сопровождающемуся улучшением комплекса физико-механических и триботехнических свойств ПКМ [1, 20].

Изменение свойств наполненных полимеров связано с особенностями их структурной организации на молекулярном и надмолекулярном уровнях, выражающееся в изменении фазового состояния, молекулярной подвижности сегментов и цепей макромолекул, параметров и типа надмолекулярной структуры. В последние десятилетия накоплен значительный экспериментальный материал, отражающий влияние вида и параметров надмолекулярной структуры на физико-механические и триботехнические свойства многокомпонентных ПТФЭ-композитов, содержащих волокнистые и дисперсные наполнители-модификаторы [8, 9, 10].

Структурные изменения в ПТФЭ при его модификации дисперсным наполнителем описываются в ряде работ [8, 10], однако единого подхода, объясняющего влияние наполнителя на структуру и свойства ПКМ, пока не существует. В работе [10] рассматривается изменение структур ПТФЭ при его модификации ультрадисперсными наполнителями. Полученные результаты подтверждают характерную для частично-кристаллических полимеров закономерность: при малой концентрации наполнителя его частицы играют роль искусственных зародышей, при этом проявляется эффект армирования, способствующий максимальному структурированию полимера вследствие способности наночастиц создавать ансамбли по типу кластеров [11, 14].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что ультрадисперсный наполнитель оказывает на полимерную матрицу многостороннее и сложное влияние. Структурная модификация полимера введением структурно-активных ультрадисперсных наполнителей вызывает значительное изменение его свойств. Работ, посвященных изучению влияния таких наполнителей на физико-механические свойства ПКМ достаточно много. Например, показано, что модификация ПТФЭ разными наполнителями может приводить к повышению жесткости и теплопроводности в 2 – 3 раза; износостойкости до 700 раз; твердости на 10 – 15%; термическое расширение может уменьшаться в 2 – 2,5 раза [12, 13, 14]. Вместе с тем вве-

дение в ПТФЭ наполнителей разной природы может приводить к снижению предела прочности при растяжении и относительное удлинение при разрыве [14, 15].

Структура ПКМ и ее изменения на всех уровнях молекулярной и надмолекулярной организации также влияют на триботехнические свойства ПКМ и в условиях трения определяют механизм фрикционного взаимодействия полимеров и композитов на их основе [4, 8, 14]. Следовательно, изменяя надмолекулярную структуру полимера, особенно в его поверхностных слоях, можно направленно регулировать триботехнические свойства композита [13]. Так, при введении волокнистых и дисперсных наполнителей в ПКМ на основе ПТФЭ увеличивается (в 1,5 – 2 раза) коэффициент трения, но значительно снижается скорость изнашивания (до 600 – 800 раз [13, 14, 16]). Установлено, что это связано с образованием в полимерной матрице сферолитов различных форм и размеров, разрушение которых требует больших энергетических затрат, чем разрушение структурных образований ненаполненного ПТФЭ. Наполнители, имеющие слоистую структуру (MoS_2 , графит) или приобретающие ее в процессе трения (углеродное волокно), не препятствуют образованию на поверхности трения структуры типа жидкокристаллической и могут ограничивать подвижность слоев полимера, что способствует существенному увеличению износостойкости ПКМ на основе ПТФЭ [9, 13, 14].

Большая исследовательская работа по изучению механизма фрикционного взаимодействия и изнашивания ПКМ на основе ПТФЭ проведена коллективом авторов под руководством Ю.К. Машкова [8, 13, 14]. На основе обобщения результатов комплексных исследований и данных литературных источников авторами была предложена физическая и термодинамическая модели процессов трения и изнашивания ПКМ на основе ПТФЭ.

Проблема прогнозирования триботехнических свойств полимерных композиционных материалов приобретает все большую актуальность. Чаще всего задача выбора как вида, так и количественного содержания наполнителей решается чисто экспериментально. Существенно облегчает решение такой задачи исследование двойных систем, в которых в качестве непрерывной основы является полимер, а наполнитель – модификатор представлен дисперсными частицами [9, 14, 15, 20, 23]. Большой вклад в решение названной проблемы и создание композиционных материалов

на основе политетрафторэтилена сделали коллективы под руководством А.А. Охлопковой, А.К. Погосяна, А.И. Свириденко, Ю.К. Машкова и др.

Как сказано выше, формирование комплекса характеристик эксплуатационных свойств ПКМ решается путем оптимизации технологического процесса синтеза композиционных материалов.

Для получения изделий из ПКМ на основе ПТФЭ обычно используются стандартные технологии. Однако в некоторых случаях с целью повышения характеристик физико-механических свойств спекание и охлаждение заготовок производят в специальных приспособлениях при ограничении теплового расширения в направлении усилия прессования [12, 14]. Кроме названных способов термообработки для изготовления ПКМ используется термообработка заготовок в замкнутом объеме – горячее прессование, которое предполагает спекание заготовок в замкнутом объеме [14, 17]. Технологические режимы изготовления композиционного материала по данной технологии требуют больших затрат на изготовление технологической оснастки и трудно реализуемы в производстве в силу критических по технике безопасности условий, низкой (по сравнению со свободным спеканием) производительностью и высокой трудоемкостью [14].

При синтезе ПКМ таким способом возможна реализация процессов формирования надмолекулярной структуры в условиях значительного сближения частиц наполнителя и ПТФЭ не только при прессовании композиции, но и при ее термообработке. При такой технологии, когда формирование структуры происходит под давлением всестороннего сжатия, реализуются благоприятные условия твердофазного синтеза более прочного и износостойкого композиционного материала [14, 15, 19, 20].

Для повышения эффективности структурной модификации ПКМ на основе ПТФЭ предлагается изготовление заготовки в закрытой форме [17], что обеспечивает натяг и возникновение в заготовке внутренних напряжений сжатия за счет ее теплового расширения в процессе термообработки. Ограничение теплового расширения по всей поверхности заготовки может приводить к растрескиванию заготовки за счет возникновения чрезмерно высоких внутренних напряжений [14].

Также известен способ и устройство для спекания ПКМ, которые предусматривают наличие зазора в оправке для спекания [14]. Это позволяет избежать растрескивания заготовок

и получить стабильные и высокие характеристики физико-механических свойств. Недостатком этого метода является необходимость экспериментального определения величины зазоров.

В работе [18] предлагается применять воздействие энергии ультразвуковых колебаний на заготовку из ПКМ в процессе прессования, что является одним из вариантов способа вибрационного воздействия. Полученные результаты свидетельствуют об изменении ряда характеристик физико-механических свойств: увеличении предела прочности при растяжении и модуля Юнга на 10 – 15%; снижении скорости изнашивания до 23,6% и коэффициента трения на 11%.

На основании проведенного анализа был сделан вывод о том, что в качестве способа повышения эффективности структурной модификации ПТФЭ следует использовать способ холодного прессования и термообработки (спекания) заготовок в закрытой оснастке, ограничивающей объемное тепловое расширение спекаемого материала [15].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Требования надежности и долговечности к транспортной, дорожно-строительной, горной технике привели к активным исследованиям в области разработок металлополимерных герметизирующих устройств с уплотнительными элементами из ПКМ [15].

В качестве матрицы при создании ПКМ выбран ПТФЭ, так как уникальные физико-химические и антифрикционные свойства ПТФЭ позволяют считать его лучшим материалом для полимерной основы антифрикционных ПКМ. В качестве компонентов комплексного наполнителя по результатам предварительных исследований выбраны: скрытокристаллический графит (СКГ), дисульфид молибдена (ДМ), многослойные углеродные нанотрубки марки Graphistrength фирмы Arkema (УНТ).

Структурно-активные наполнители-модификаторы подвергали механоактивации совместно с порошком ПТФЭ в течение 1,0 – 3,0 минут в высокоскоростном смесителе лопастного типа. Образцы ПКМ с наполнителями всех трех типов изготавливали по одной технологии методом холодного прессования при давлении 70 – 80 МПа с последующим спеканием в условиях ограничения теплового расширения при температуре $360 \pm 3^\circ \text{C}$ [9, 14, 15]. По сравнению со свободным спеканием контактное давление сжатия между частицами возрастает в 3,5 раза, относительная по-

верхность контакта – до 2,4 раза, а пористость материала уменьшается в 2,6 раза [15, 19]. Указанное изменение параметров напряженно-деформированного состояния обеспечивает значительное усиление адгезионного взаимодействия между компонентами (частицами полимера и наполнителя) и за счет этого значительное повышение характеристик механических и триботехнических свойств ПКМ.

Для исследования механических свойств ПКМ использовали стандартные методики [15, 16]. Известно, что для большинства ПКМ значения модулей упругости при растяжении и сжатии близки и, как правило, на несколько десятков процентов больше модуля упругости при изгибе [15]. Поэтому при изучении механических свойств определяли только модуль упругости при растяжении. Исследование механических свойств (предела прочности и модуля упругости при растяжении, относительного удлинения при растяжении) проводили на разрывной машине Zwick Roell в соответствии с ГОСТ 11262 – 80 «Пластмассы. Методы испытания на растяжение» и ГОСТ 25.601 – 80 «Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах».

Исследования проводили при комнатной температуре. Для каждого состава ПКМ изготавливали и испытывали по три образца и определяли среднее значение исследуемого параметра: временное сопротивление при растяжении (σ_b), относительное удлинение при разрыве (δ) и модуль упругости при растяжении (E) [15].

Образцы для испытаний производили из заготовок в виде колец прямоугольного сечения методом механической обработки – точение с последующей штамповкой в специальном вырубном штампе. Скорость деформации при растяжении образцов составляет 50 мм/мин. Методика обеспечивает получение данных с погрешностью не более 5%.

Образец в захватах испытательной машины устанавливается так, чтобы их продольные оси совпали с прямой, соединяющей точки крепления захватов в испытательной машине. Для определения предела прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве образец равномерно нагружали с заданной скоростью вплоть до его разрушения [15].

Для определения модуля упругости образец равномерно с заданной скоростью нагружали в пределах начального линейного участ-

ка диаграммы деформирования и записывали изменение продольной деформации образца в зависимости от нагрузки. Модуль упругости E определяли как отношение напряжения σ к соответствующей относительной деформации. Образец подвергали при заданной скорости трехкратному нагружению-разгрузке до требуемого уровня ($15 - 40\% F_{\max}$) и при каждом нагружении считывали показания деформаций при двух нагрузках – начальной, равной $2 - 5\%$ от величины разрушающей нагрузки $F_{\max}$ и максимальной. По результатам измерений деформации для каждого нагружения определяли модуль упругости. За результат принимали среднее арифметическое значение всех измерений [15].

Для определения относительного удлинения при разрушении образец нагружали и записывали изменение продольной деформации в зависимости от нагрузки.

Метод снятия диаграммы деформирования при растяжении основан на измерении деформации рабочей части образца и соответствующих им усилий при нагружении вплоть до разрушения. Для записи диаграммы деформирования использовали автоматические схемы записи «нагрузка – деформация» и обработки результатов в комплекте машины Zwick Roell [15].

Исследование характеристик триботехнических свойств материалов проводили на трибометре, в рабочем узле которого реализуется торцовая схема трения «палец (исследуемый материал) – диск» по металлическому контртелу из закаленной стали 45, с твердостью

48 – 52 HRC, шероховатостью поверхности $Ra \leq 0,32$ мкм. Методика [9, 15] предусматривала проведение серии испытаний при постоянной скорости скольжения по средней линии дорожки трения 1,20 м/с, температуре окружающей среды $(293 \pm 5)K$ и контактом давлении 2 МПа.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для чистого ПТФЭ получена средняя скорость изнашивания $788 \cdot 10^{-4}$ г/ч [20]. Результаты исследования концентрационной зависимости скорости изнашивания образцов ПКМ с СКГ приведены на рисунке 1 [15].

Из приведенного графика видно, что концентрационная зависимость скорости изнашивания образцов с ультрадисперсным СКГ имеет три характерных участка (см. рисунок 1). При концентрации СКГ 2 – 8 массового содержания в процентах (масс. %) (первый участок) наблюдается значительное снижение скорости изнашивания. На втором участке в интервале концентрации 8 – 20 масс. % получена минимальная и постоянная скорость изнашивания равная $11,2 \cdot 10^{-4}$ г/ч, что в 70 раз меньше по сравнению с чистым ПТФЭ. При повышении концентрации выше 20 масс. % (третий участок) скорость изнашивания постепенно возрастает и становится больше минимальной примерно в 2 раза [15, 20, 21, 22, 23].

С целью определения влияния УНТ на скорость изнашивания были изготовлены и испытаны образцы ПКМ, содержащие одинаковое количество СКГ – 8% масс. и дополнительно

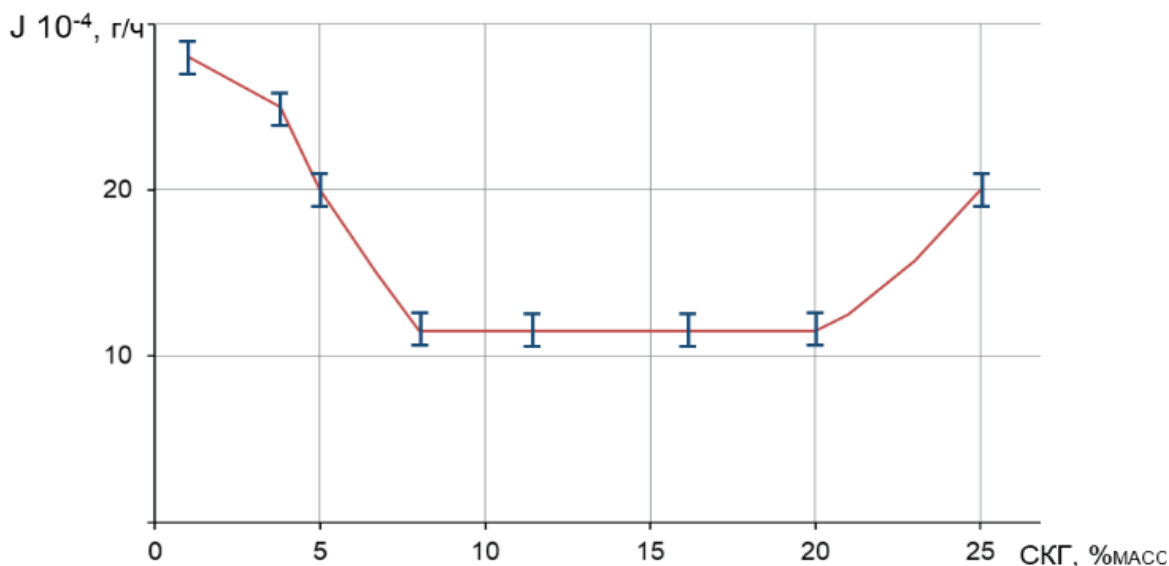


Рисунок 1 – Концентрационная зависимость скорости изнашивания ПКМ с ультрадисперсным СКГ
Figure 1 – Concentration dependence of wear rate of PKM with SCG ultradisperse

от 0,5 до 3,5% масс. углеродных нанотрубок марки Graphistrength® фирмы Arkema (УНТ). Результаты испытаний показаны на рисунке 2 в виде концентрационной зависимости [15].

С увеличением концентрации наномодификатора от 0,5 до 2,0 масс. % скорость изнашивания уменьшается почти в 2 раза и имеет значение в 175 раз меньше, чем у чистого ПТФЭ. При увеличении концентрации УНТ до 3,5 масс. % скорость изнашивания возрастает в два раза (по сравнению с минимальным значением скорости изнашивания, полученным при концентрации УНТ 2 масс. %) [15, 20, 23].

Как видно из графика, введение наноразмерного наполнителя УНТ в комплексе с ультрадисперсным СКГ значительно повышает износостойкость ПКМ. Минимальная скорость

изнашивания получена при концентрации УНТ – 2% масс. Она составляет $4,5 \cdot 10^{-4}$ г/ч, что в 2,5 раза меньше скорости изнашивания композиционного материала, содержащего только 8% масс. СКГ (см. рисунок 2). Сравнение зависимостей на рисунках 1 и 2 наглядно показывает, что введение наноразмерного наполнителя в состав комплексного модификатора обеспечивает существенное (более чем в 2 раза) повышение износостойкости антифрикционного ПКМ на основе ПТФЭ [15, 20, 23].

С целью изучения совместного влияния микроразмерного СКГ и углеродных нанотрубок (УНТ) была проведена серия испытаний образцов ПКМ, содержащих один наполнитель УНТ – 2,0 масс. % и комплексный модификатор, содержащий 8,0 масс. % СКГ и УНТ от 1,0 до 3,0 масс. % (см. таблицу 1) [15, 20, 21].

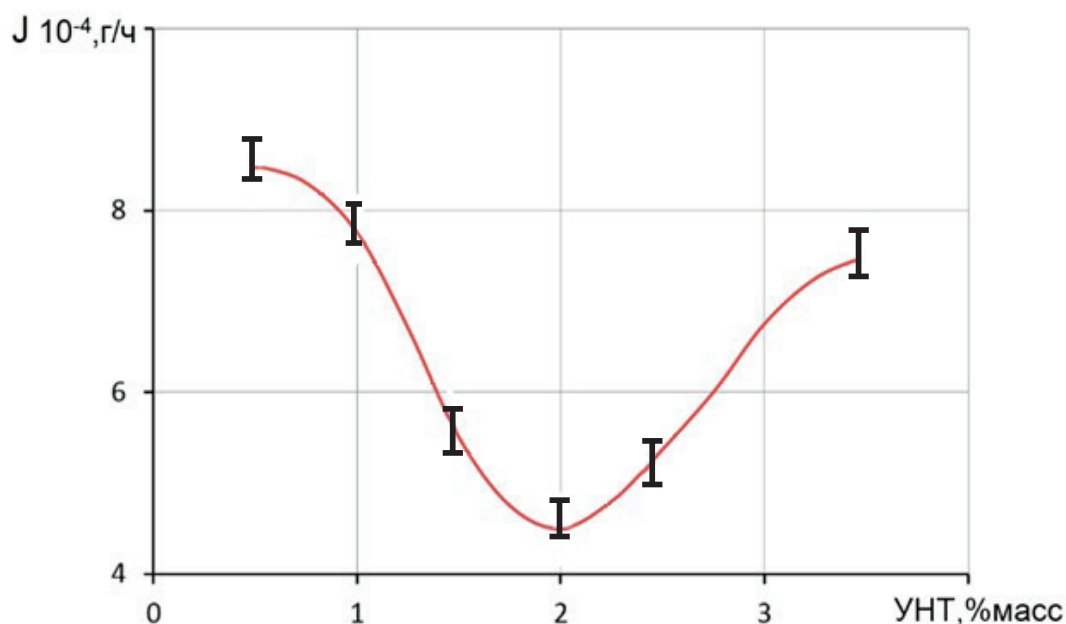


Рисунок 2 – Концентрационная зависимость скорости изнашивания ПКМ с наполнителем: 8% СКГ + УНТ
Figure 2 – Concentration dependence of the wear rate of PKM with 8% CGG + CNT filler:

Таблица 1
СКОРОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ ПКМ НА ОСНОВЕ ПТФЭ
Table 1
SPEED OF THE WEAR RATE OF PKM BASED ON PTFE

№ п/п	Концентрация компонентов, масс. %			Скорость изнашивания, 10^{-4} г/ч
	ПТФЭ	СКГ	УНТ	
1	100	0	0	788
2	97,5	0	2,5	12,5
3	91,0	8,0	1,0	7,8
4	90,5	8,0	1,5	5,7
5	90,0	8,0	2,0	4,5
6	89,0	8,0	3,0	6,9

Как видно из таблицы 1, минимальное значение скорости изнашивания получено для ПКМ состава 90% ПТФЭ + 8% СКГ + 2% УНТ и равно $4,5 \cdot 10^{-4}$ г/ч. Это в 2,5 раза меньше, чем у ПКМ, содержащего 92% ПТФЭ + 8% СКГ. Этот результат свидетельствует о том, что использование наноразмерного наполнителя УНТ более эффективно при использовании в составе комплексного наполнителя [15, 20, 23].

Выше было сказано, что в условиях ограничения теплового расширения, когда объем заготовки с повышением температуры остается практически постоянным, возникает значительное внутреннее сжимающее давление, что приводит к повышению характеристик механических и триботехнических свойств ПКМ [14, 15, 19]. В таблице 2 приведены сравнительные характеристики механических и триботехнических свойств образцов ПКМ, термообработанных свободным спеканием и в условиях объемного ограничения теплового расширения.

Приведенные данные показывают, что при спекании образцов с ограничением теплового расширения предел прочности повышается на 48%, модуль упругости – на 31,9%, относительное удлинение – на 26%. При этом скорость изнашивания уменьшается на 21%, коэффициент трения – на 9%. Следовательно, предлагаемый способ термообработки в закрытом устройстве является весьма эффективным [15, 23].

Исследование механических и триботехнических свойств позволило разработать новый полимерный композиционный материал, предназначенный для эксплуатации в изделиях автомобильной, дорожно-строительной, горной и других видах техники.

ОБСУЖДЕНИЕ

Создание полимерных нанокомпозитов с высокими показателями физико-механических и триботехнических свойств является актуальной задачей, которая может быть успешно решена методами многоуровневой структурой модификации полимерной матрицы путем введения наполнителей различной природы и морфологии: волокнистых, дисперсных и наноразмерных [9, 14, 24]. Развитая поверхность наночастиц обладает избыточной поверхностной энергией и обуславливает значительное изменение и повышение физико-механических свойств нанокомпозитов в сравнении со свойствами макроструктурных материалов [15, 21, 24]. Исследование триботехнических свойств ПТФЭ-композитов с названными углеродными наполнителями-модификаторами показало, что наиболее эффективным является комплексный наполнитель, содержащий полидисперсный порошок скрытокристаллического графита и углеродные нанотрубки, обеспечивающий наиболее высокую износостойкость полимерного композита [15, 20, 23]. Достигнутая эффективность структурной модификации является следствием высокой структурной активности углеродных микро- и наноразмерных наполнителей-модификаторов [19, 20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффективность использования ПКМ в узлах трения машин существенно повышается при совершенствовании конструкции (подшипников, герметизирующих устройств, поршней и т.д.) узлов с учетом особенностей физико-механических свойств и технологических возможностей полимеров (самосмазывание зоны трения, самоуплотнение узла за счет разности

Таблица 2
ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕХАНИЧЕСКИХ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПКМ,
ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПРИ ДВУХ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ СПЕКАНИЯ

Table 2
CHARACTERISTICS OF MECHANICAL AND TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF PKM,
MANUFACTURED BY TWO DIFFERENT METHODS OF SINKING

Способ спекания (термообработки)	Характеристики свойств (средние значения)				
	Скорость изнашивания J, 10^{-4} г/час	Коэффициент трения, f	Модуль упругости, E, МПа	Предел прочности, σ_b , МПа	Относительное удлинение, δ , %
Свободное спекание	5,7	0,11	187	12,7	135
Спекание с ограничением теплового расширения	4,5	0,10	248	18,9	170

коэффициентов термического расширения полимера и металла и т.д.).

Таким образом, данными испытаниями исследовано влияние комплексного наполнителя, содержащего углеродные нанотрубки, полидисперсный скрытокристаллический графит и дисульфид молибдена, на механические и триботехнические свойства разработанного нанокompозита [15, 20].

Показано, что наиболее эффективным является комплексный наполнитель, содержащий полидисперсный порошок скрытокристаллического графита и углеродные нанотрубки [25], которые обеспечивают наибольшую износостойкость ПКМ.

Предложен и отработан способ повышения эффективности структурной модификации ПТФЭ путем спекания материала в условиях объемного ограничения теплового расширения, приводящий к усилению контактного взаимодействия и адгезионных связей полимерной матрицы с наполнителем, что обеспечивает значительное повышение характеристик механических и триботехнических свойств [14, 15, 26].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Машков Ю.К. [и др.]. Композиционные материалы на основе политетрафторэтилена. Структурная модификация. М. : Машиностроение, 2005. 240 с.
2. Aderikha V. N., Shapovalov V. A. Effect of filler surface properties on structure, mechanical and tribological behavior of PTFE-carbon black composites. *Wear*. 2010. no. 268. pp. 1455 – 1464.
3. Адери́ха В.Н. [и др.]. Прочностные свойства, структура и износостойкость композитов ПТФЭ-технический углерод // *Трение и износ*. 2008. Т. 29. № 2. С. 160 – 168.
4. Shi Y. The effect of surface modification on the friction and wear behavior of carbon nanofiber-filled PTFE composites. / Y. Shi [et al.] // *Wear*, 2008, no. 264, pp. 934 – 939.
5. Vail J. R., Burriss D. L., Sawyer W. G. Multifunctionality of single-walled carbon nanotube-polytetrafluoroethylene nanocomposites. *Wear*. 2009. no. 267. pp. 619 – 624.
6. Гинзбург Б. М. [и др.]. Трибологические свойства композитов политетрафторэтилен – фуллереновая сажа // *Высокомолекулярные соединения. Сер. А*. 2008. Т. 50. № 8. С. 1483 – 1492.
7. Ткачев А.Г., Золотухин И.В. Аппаратура и методы синтеза твердотельных наноструктур : монография. М. : Изд-во Машиностроение-1, 2007. 316 с.
8. Машков Ю.К., Овчар З.Н., Суриков В.И. [и др.] Композиционные материалы на основе политетрафторэтилена. Структурная модификация. М. : Машиностроение, 2005. 240 с.
9. Машков Ю.К., Кропотин О.В. Трибофизика и структурная модификация материалов трибосистем : монография. Омск, 2009. 324 с.
10. Суриков В.И. Повышение эксплуатационных свойств композитов на основе политетрафторэтилена путем структурной многоуровневой модификации : дис. ... д-ра техн. наук. Омск, 2001. 363 с.
11. Андрианова О.А. Модифицированные полимерные и эластомерные триботехнические материалы для техники Севера : дис. ... д-ра техн. наук. М., 2000. 337 с.
12. Михайлин Ю.А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. СПб. : Профессия, 2006. 624 с.
13. Машков Ю.К., Овчар З.Н., Байбарацкая М.Ю., Мамаев О.А. Полимерные композиционные материалы в триботехнике. М : Недра, 2004. 262 с.
14. Егорова В.А. Повышение эффективности структурной модификации политетрафторэтилена скрытокристаллическим графитом путем ограничения теплового расширения при спекании : дис. ... канд. техн. наук. Омск, 2008. 156 с.
15. Кургузова О.А. Разработка износостойкого нанокompозита на основе политетрафторэтилена с целью повышения работоспособности и долговечности металлополимерных герметизирующих устройств : дис. ... канд. техн. наук. Омск, 2014. 107 с.
16. Машков Ю.К., Полещенко К.Н., Поворознюк С.Н., Орлов П.В. Трение и модифицирование материалов трибосистем. М.: Наука, 2000. 280 с.
17. Stan F., Fetecau C. Study of stress relaxation in polytetrafluoroethylene composites by cylindrical macroindentation // *Composites*. 2013, no. 47, Part B, pp. 298 – 307.
18. Машков Ю.К., Негров Д.А., Овчар З.Н., Зябликов В.С. Улучшение механических и триботехнических свойств полимерных композиционных материалов с использованием энергии ультразвуковых колебаний // *Трение и износ*. 2006. Т. 27, № 3. С. 313 – 317.
19. Кропотин О.В. Износостойкость ПТФЭ-композитов для повышения надежности металлополимерных герметизирующих устройств изделий машиностроения : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Омск : Изд-во ОмГТУ, 2016. 34 с.
20. Кропотин О.В., Машков Ю.К., Егорова В.А., Кургузова О.А. Влияние углеродных модификаторов на структуру и износостойкость полимерных нанокompозитов на основе политетрафторэтилена // *Журнал технической физики*, 2014, т.84, вып.5. с. 66-70
21. Машков Ю.К., Кропотин О.В., Шилько В.А., Егорова О.В., Чемисенко О.В. Формирование структуры и свойств антифрикционных композитов модификаций политетрафторэтилена полидисперсными наполнителями // *Материаловедение*. 2015. № 1. С. 22 – 25.
22. Марков А.В., Власов С.В. Принципы выбора полимерных материалов для изготовления изделий. // *Полимерные материалы. Изделия. Оборудование. Технологии*. 2004. № 6 – 8. С. 17 – 29.
23. Машков Ю.К., Кропотин О.В., Кургузова О.А. Создание полимерного антифрикционного нанокompозита на основе политетрафторэтилена с повышенной износостойкостью // *Омский научный вестник*. 2013. № 2 (120). С.86 – 89.
24. Машков Ю.К., Кургузова О.А., Клименко С.В. Исследование полимерного нанокompозита для узлов трения // *Вестник Сибирского отделения Академии военных наук*. № 46, Омск : ОАБИИ, 2017. С.53 – 56.
25. Антифрикционный полимерный композиционный материал // Патент РФ 2525492 С2. № 2012146766/05; заявл. 10.05.2014; опубл. 20.08.2014, Бюл. № 23 / Ю.К. Машков, О.В. Кропотин, О.А. Кургузова. (RU). 3 с.
26. Способ изготовления из полимерных композиционных материалов на основе политетрафторэтилена и устройство для изготовления изделий // Патент на изобретение 2546161 С2. № 2013125074/05; заявл. 10.12.2014; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 10 / Ю.К. Машков, О.В. Кропотин, В.А. Егорова, О.А. Кургузова (RU). 3 с.

RESISTANT POLYMER NANOCOMPOSITES' DEVELOPMENT AND INVESTIGATION

Yu.K. Mashkov, O.A. Kurguzova, A.S. Ruban

ABSTRACT

Introduction. The advanced technology development demands higher requirements to the physico-mechanical characteristics of the polymer composite materials (PCM) widely used in general and special purpose products such as in transport and road-building. This determines the relevance and significance of the new polymer nanocomposites development on the tribotechnical purpose with high physic-mechanical and tribotechnical characteristics.

Materials and methods. The problem mentioned above is solved by means of the structural modification's methods of the PCM polymer matrix and the technological process optimization of the composite materials' synthesis. One of the structural modification advanced methods is the polymer matrix charging with different fillers' types, particularly, disperse and fiber ones, and in recent years – ultradispersed and nanodimensional fillers.

Results. The composite materials with nanodispersed fillers feature the properties significantly different from those of the materials with micro- and macrodispersed particles because of the high surface activity of nanodimensional particles' fillers.

Discussion and conclusion. The research deals with the development results and polymer nanocomposites' investigation with polydispersed and nanodimensional fillers, their influence upon the structure and wear-resistance of the polymer composite materials based on polytetrafluoroethylene.

KEYWORDS: polymeric composite; polytetrafluoroethylene; nanotubes; structure modification; restriction of thermal expansion; wear-resistant.

REFERENCES

1. Mashkov Yu.K. Kompozicionnye materialy na osnove politetrafluoretilena [Composite materials based on polytetrafluoroethylene. Structural modification]. Strukturnaya modifikatsiya. Moscow, Mashinostroenie, 2005. 240 p.
2. Aderikha V. N., Shapovalov V. A. Effect of filler surface properties on structure, mechanical and tribological behavior of PTFE-carbon black composites. Wear. 2010. no. 268. pp. 1455 – 1464.
3. Aderikha V.N. Prochnostnye svoystva, struktura i iznosostoikost' kompozitov PTFE-tehnicheskij uglerod [Strength properties, structure and wear resistance of PTFE-carbon composites]. Trenie i iznos. 2008. Vol. 29, no. 2. pp. 160 – 168.
4. Shi Y. The effect of surface modification on the friction and wear behavior of carbon nanofiber-filled PTFE composites. Wear. 2008. no. 264. pp. 934 – 939.
5. Vail J.R., Burris D.L., Sawyer W.G. Multifunctionality of single-walled carbon nanotube-polytetrafluoroethylene nanocomposites. Wear. 2009. no. 267. pp. 619 – 624.
6. Ginzburg B.M. Tribologicheskie svoystva kompozitov polytetrafluoroethylene – fullerenovaya sazha [Tribological properties of polytetrafluoroethylene fullerene black composite]. Vysokomolekulyarnye soedineniya. Ser. A., 2008. Vol. 50, no. 8, pp. 1483 – 1492.
7. Tkachev A.G., Zolotuhin I.V. Apparatura i metody sinteza tverdotel'nykh nanostruktur [Equipment and methods for the synthesis of solid-state nanostructures: monograph]. Moscow, Mashinostroenie-1, 2007. 316 p.
8. Mashkov Yu.K., Ovchar Z.N., Surikov V.I. Kompozicionnye materialy na osnove politetrafluoretilena [Composite materials based on polytetrafluoroethylene. Structural modification]. Moscow, Mashinostroenie, 2005. 200 p.
9. Mashkov Yu.K., Kropotin O.V. Tribofizika i strukturnaya modifikatsiya materialov tribosystem [Tribophysics and structural modification of tribosystem materials]. Omsk, 2009. 324

p.

10. Surikov V.I. Povyshenie ekspluatatsionnykh svoystv kompozitov na osnove politetrafluoretilena putem strukturnoy mnogourovnevnoy modifikatsii. Doct. Diss. [Increase of operational properties of composites on the basis of polytetrafluoroethylene by structural multilevel modification. Doct. Diss.]. Omsk, 2001. 363 p.
11. Andrianova O.A. Modificirovannye polimernye i elastomernye tribotekhnicheskie materialy dlya tekhniki Severa. Doct. Diss. [Modified polymeric and elastomeric tribotechnical materials for engineering of the North. Doct. Diss.]. M., 2000. 337 p.
12. Mihajlin Yu.A. Termoustojchivye polimery i polimernye materialy [Thermally stable polymers and polymer materials]. St. Petersburg, Professiya, 2006. 624 p.
13. Mashkov Yu.K., Ovchar Z.N., Bajbarackaya M.Yu., Mamaev O.A. Polimernye kompozicionnye materialy v tribotekhnike [Polymer composites in tribotechnics]. Moscow, Nedra, 2004. 262 p.
14. Egorova V.A. Povyshenie effektivnosti strukturnoy modifikatsii politetrafluoretilena skrytokristallicheskim grafitom putem ogranicheniya teplovogo rasshireniya pri spekanii. Doct. Diss. [Increase of efficiency of structural modification of polytetrafluoroethylene by cryptocrystalline graphite by limiting thermal expansion during sintering. Doct. Diss.]. Omsk, 2008. 156 p.
15. Kurguzova O.A. Razrabotka iznosostoikogo nanokompozita na osnove politetrafluoretilena s cel'yu povysheniya rabotosposobnosti i dolgovechnosti metallopolimernykh germetiziruyushhih ustroystv. Doct. Diss. [Development of a wear-resistant nanocomposite based on polytetrafluoroethylene in order to improve the operability and durability of metal-polymer sealing devices. Doct. Diss.]. Omsk, 2014. 107 p.
16. Mashkov Yu.K., Poleshenko K.N., Povoroznyuk S.N., Orlov P.V. Trenie i modificirovannye materialy tribosystem [Friction and modification of tribosystem materials]. Moscow, Nauka, 2000. 337 p.

17. Stan F., Fetecau C. Study of stress relaxation in polytetrafluoroethylene composites by cylindrical macroindentation. *Composites*. 2013, no. 47, Part B, pp. 298 – 307.

18. Mashkov Yu.K., Negrov D.A., Ovchar Z.N., Zyalikov. Uluchshenie mekhanicheskikh i tribotekhnicheskikh svoystv kompozitsionnykh materialov s ispol'zovaniem energii ul'trazvukovykh kolebaniy [Improvement of mechanical and tribotechnical properties of polymeric composite materials using ultrasonic vibration energy]. *Trenie i iznos*. 2006. Vol. 27, no. 3, pp. 313 – 317.

19. Kropotin O.V. Iznosostoikost' PTFE-compositov dlya povysheniya nadezhnosti metallopolimernykh germetiziruyushchikh ustroystv izdelij mashinostroyeniya. avtoref. Doct. Diss. [Wear resistance of PTFE composites for increasing the reliability of metal-polymer sealing devices of engineering products. Doct. Diss.]. Omsk, OmGTU. 2016. 34 p.

20. Kropotin O.V., Mashkov Yu.K., Egorova V.A., Kurguzova O.A. Vliyaniye uglerodnkh modifikatorov na strukturu i iznosostoikost' polimernykh nanokompozitov na osnove politetrafluoretilena [Effect of carbon modifiers on the structure and wear resistance of polymeric nanocomposites based on polytetrafluoroethylene]. *Zhurnal tekhnicheskoy fiziki*, 2014, Vol. 84, no. 5, pp. 66 – 70.

21. Mashkov Yu.K., Kropotin O.V., Shil'ko V.A., Egorova V.A., Chemisenko O.V. Formirovaniye struktury i svoystv antifriktsionnykh kompozitov modifikatsiy politetrafluoretilena polidispersnyimi napolnitelyami [Formation of the structure and properties of antifriction composites of modifications of polytetrafluoroethylene with polydisperse fillers]. *Materialovedeniye*. 2015, no. 1, pp. 22 – 25.

22. Markov A.V., Vlasov S.V. Principy vybora polimernykh materialov dlya izgotovleniya izdelij [Principles of choosing polymeric materials for the manufacture of products]. *Polimernyye materialy. izdeliya. Oborudovaniye. Tekhnologii*. 2004, no. 6 – 8, pp. 17 – 29.

23. Mashkov Yu.K., Kropotin O.V., Kurguzova O.A. Sozdaniye polimernogo antifriktsionnogo nanokompozita na osnove politetrafluoretilena s povyshennoy iznosostoikost'yu [Creation of a polymeric antifriction nanocomposite based on polytetrafluoroethylene with increased wear resistance]. *Omskiy nauchnyy vestnik*, 2013, no. 2 (120), pp. 86 – 89.

24. Mashkov Yu.K., Kurguzova O.A., Klimenko S.V. Issledovaniye polimernogo nanokompozita dlya uzlov treniya [Investigation of polymer nanocomposite for friction units]. *Vestnik Sibirskogo otdeleniya Akademii voennykh nauk*, 2017, no. 46, pp. 53 – 56.

25. Mashkov Yu.K., Kropotin O.V., Kurguzova O.A. Antifriktsionnyy polimernyy kompozitsionnyy material [Antifriction polymeric composite material]. Patent RF, no. 2012146766/05. 2014. 3 p.

26. Mashkov Yu.K., Kropotin O.V., Egorova V.A., Kurguzova O.A. Sposob izgotovleniya iz polimernykh kompozitsionnykh materialov na osnove politetrafluoretilena i ustroystvo dlya izgotovleniya izdelij [Method of manufacturing from polymeric composite materials based on polytetrafluoroethylene and a device for manufacturing articles]. Patent RF, no. 2013125074/05; 2015. 3 p.

Поступила 15.01.2018, принята к публикации 15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Машков Юрий Константинович (г. Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры физики ФГБОУ ВПО «ОмГТУ», (г. Омск, пр. Мира, д. 11, ФГБОУ ВПО «ОмГТУ», тел. (3812) 65-22-92, e-mail: omgtu_physics@mail.ru).

Mashkov Yuriy Konstantinovich (Omsk, Russia) – Doctor of Technical Science, Professore, Professor of the Department of physics Omsk State Technical University (Omsk, Ave. Mira, 11, tel. (3812) 65-22-92, e-mail: omgtu_physics@mail.ru).

Кургузова Олеся Александровна (г. Омск, Россия) – кандидат технических наук; доцент кафедры технологии производства Омского автобронетанкового инженерного института ОАБИИ (г. Омск, 14 Военный городок, д. 119, e-mail: olesyakurguzova@mail.ru).

Kurguzova Olesya Aleksandrovna (Omsk, Russia) – Candidate of Technical Science, Associate Professor of technology production Department in the Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (Omsk, 14 Voennyj gorodok, 119, e-mail: olesyakurguzova@mail.ru).

Рубан Анна Сергеевна (г. Омск, Россия) – кандидат технических наук; доцент кафедры физики ФГБОУ ВО «СибАДИ» (г. Омск, пр. Мира, д. 5, e-mail: rubananna@mail.ru).

Ruban Anna Sergeevna (Omsk, Russia) – Candidate of Technical Science, Associate Professor of Physics in the Siberian State Automobile and Highway University (Omsk, Ave. Mira, 5, e-mail: rubananna@mail.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Кургузова О.А. Написание аннотации, обзора во введении, описания результатов исследования концентрационной зависимости скорости изнашивания образцов.

Рубан А.С. Описание методик для исследования механических и триботехнических свойств ПКМ, характеристики механических и триботехнических свойств ПКМ, изготовленных при двух различных способах спекания.

Машков Ю.К. Написание введения, обсуждения, заключения.

=====

УДК 621.86

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ВИБРАЦИОННЫХ КАТКОВ

М.К Шушубаева¹, В.В Михеев², С.В Савельев¹

¹ФГБОУ ВО «СиБАДИ», г. Омск, Россия;

²ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье рассматривается актуальность тематики использования вибрационных катков в области дорожного строительства. Выявлены недостатки существующих вибровозбудителей дебалансного типа. С целью устранения недостатков предлагается новая конструкция вибровозбудителя кривошипно-шатунного типа. Конструкция является новым шагом в развитии генераторов колебаний направленного действия, использование которых в дорожной технике позволит повысить ее производительность и эффективность. Рассматриваются основные положения, позволяющие рассчитать энергоэффективность и параметры колебаний нового вибровозбудителя. Приведены результаты расчетов и зависимость показателя затрачиваемой мощности за весь период колебательного движения. В статье предлагается новый принцип конструирования периодических генераторов направленного силового воздействия. Представлена схема конструкции и её кинематическая схема. Результатом представленных в статье исследований является повышение энергоэффективности использования вибрационных катков в дорожном строительстве.

Материалы и методы. Представлена новая конструкция вибровозбудителя, выявлен характер зависимости направления вынуждающей силы от времени относительно обрабатываемой поверхности.

Результаты. Повышение энергоэффективности обработки строительных материалов вибрационными дорожными катками.

Обсуждения и заключение. Предложенное техническое решение является новым шагом в развитии генераторов колебаний направленного действия и их использовании в дорожной технике, что позволит повысить её производительность и эффективность обработки дорожно-строительных материалов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: энергоэффективность, вибровозбудитель, вибрация, вынуждающая сила, конструкция, дорожно-строительные материалы.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность работы любого дорожно-го катка напрямую зависит от правильно подобранных его конструктивных и режимных параметров, выбор которых обусловлен свойствами уплотняемых материалов. При этом многообразие различных типов дорожно-строительных материалов и их свойств привело к появлению широкой номенклатуры уплотняющей техники. У различных материалов процесс деформации протекает по-разному и требует приложения различных видов циклических нагрузок. Эффективность процесса уплотнения зависит прежде всего от соответствия тех или иных параметров машины определённым свойствам материала, меняющимся в процессе деформирования.

Наиболее эффективными уплотняющими машинами в настоящее время являются вибрационные катки. Многие мировые производители, такие как BOMAG, HAMM, CATERPILLAR и др. делают упор именно на них, так как вибрационные процессы уплотнения материалов протекают значительно интенсивнее статической укатки. Для обеспечения вибрационных режимов работы наиболее часто используются генераторы колебаний (вибровозбудители) дебалансного типа, которые создают круговые колебания. Следует отметить, что данный тип вибровозбудителей не является энергоэффективным, в силу того что энергия колебаний в нём направлена «во все стороны», тогда как она должна быть направлена только в сторону обрабатываемого материала. Частично

эта проблема решена вибровозбудителями направленного действия, которые состоят из двух дебалансных вибровозбудителей, имеющих одинаковые дебалансы, вращающиеся с одинаковой частотой «навстречу» друг другу. В этом случае эффективность использования колебаний увеличивается, но остаётся существенная проблема, когда вибрация в одной части полупериода направлена в сторону материала, а в другую его часть она в обратном от материала направлении, т.е. энергия тратится вхолостую. Предлагается решить эту проблему созданием вибровозбудителя кривошипно-шатунного типа.

В статье представлена конструкция перспективного генератора вынуждающей силы с направленной силой инерции (см. рисунок 1, 2) [7], реализованная в виде модифицированного дебалансного вибровозбудителя кривошипно-шатунного типа. Данная конструкция содержит корпус 1, кривошип 2, две оси – подвижную 3 и неподвижную 4, шатун-коромысло 5 с возможностью закрепления на его конце дебаланса 6, связанного с кривошипом при помощи втулки 7, установленной с возможностью вращения.

Рабочий режим устройства осуществляется следующим образом. Вращение кривошипа 2 на подвижной оси 3 посредством шатуна-коромысла 5 передается установленному на нем дебалансу 6, осуществляющему маятниковые вращательные колебания вокруг оси 4. При этом шатун-коромысло 5 скользит относительно подвижной втулки 7, вращающейся вокруг оси, перпендикулярной поверхности кривошипа 2.

При равномерном вращении кривошипа с угловой скоростью ω угол отклонения коромысла-шатунa с закрепленным на нем дебалансом от вертикальной оси ψ определится как

$$\begin{aligned}\psi &= \arctan\left(\frac{R \cos(\omega t)}{R \sin(\omega t) + h}\right) = \arctan\left(\frac{\varepsilon \cos(\omega t)}{\varepsilon \sin(\omega t) + 1}\right), \\ &\sin(\psi) = \frac{\varepsilon \cos(\omega t)}{\varepsilon \sin(\omega t) + 1}\end{aligned} \quad (1)$$

где R – радиус вращения втулки кривошипа;
 h – расстояние между центрами осей 3 и 4;

$$\varepsilon = R / h, \quad (2)$$

тогда центростремительное ускорение, определяющее силу инерции, может быть вычислено как

$$a_n = r\omega^2 \frac{\varepsilon^2 (\sin \omega t + \varepsilon)^2}{(1 + 2\varepsilon \sin \omega t + \varepsilon^2)^2}, \quad (3)$$

где r – радиус вращения центра масс системы «коромысло-дебаланс» m относительно оси 4.

Для дальнейших вычислений силы инерции примем следующие допущения относительно конструктивных элементов устройства:

1) Массу кривошипа 2 и втулки 7 считаем малой настолько, что силой инерции, порождаемой вращением этой системы вокруг оси 3, можно пренебречь.

2) Трение при относительном движении элементов конструкции пренебрежимо мало.

Соответствующая сила инерции, генерируемая устройством и приложенная к оси качения кривошипа 4 посредством реакции шатуна 5, будучи направленной вдоль его оси, есть

$$\begin{aligned}F(\omega t, \varepsilon) &= mr\dot{\psi}^2 = \\ &= mr\omega^2 \frac{\varepsilon^2 (\sin \omega t + \varepsilon)^2}{(1 + 2\varepsilon \sin \omega t + \varepsilon^2)^2}, \quad (4)\end{aligned}$$

а ее проекция на вертикальную ось, положительное направление которой соответствует направлению от центра оси 3 к центру оси 4, определится как

$$\begin{aligned}F_y(\omega t, \varepsilon) &= mr\dot{\psi}^2 \cos \psi = \\ &= mr\omega^2 \frac{\varepsilon^2 (\sin \omega t + \varepsilon)^2}{(1 + 2\varepsilon \sin \omega t + \varepsilon^2)^2} \cdot \cos\left(\arctan\left(\frac{\varepsilon \cos \omega t}{\varepsilon \sin \omega t + 1}\right)\right) = \\ &= mr\omega^2 \Phi_y(\omega t, \varepsilon), \quad (5)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi_y(\omega t, \varepsilon) &= \frac{\varepsilon^2 (\sin \omega t + \varepsilon)^2}{(1 + 2\varepsilon \sin \omega t + \varepsilon^2)^2} \cdot \\ &\cdot \cos\left(\arctan\left(\frac{\varepsilon \cos \omega t}{\varepsilon \sin \omega t + 1}\right)\right) \quad (6)\end{aligned}$$

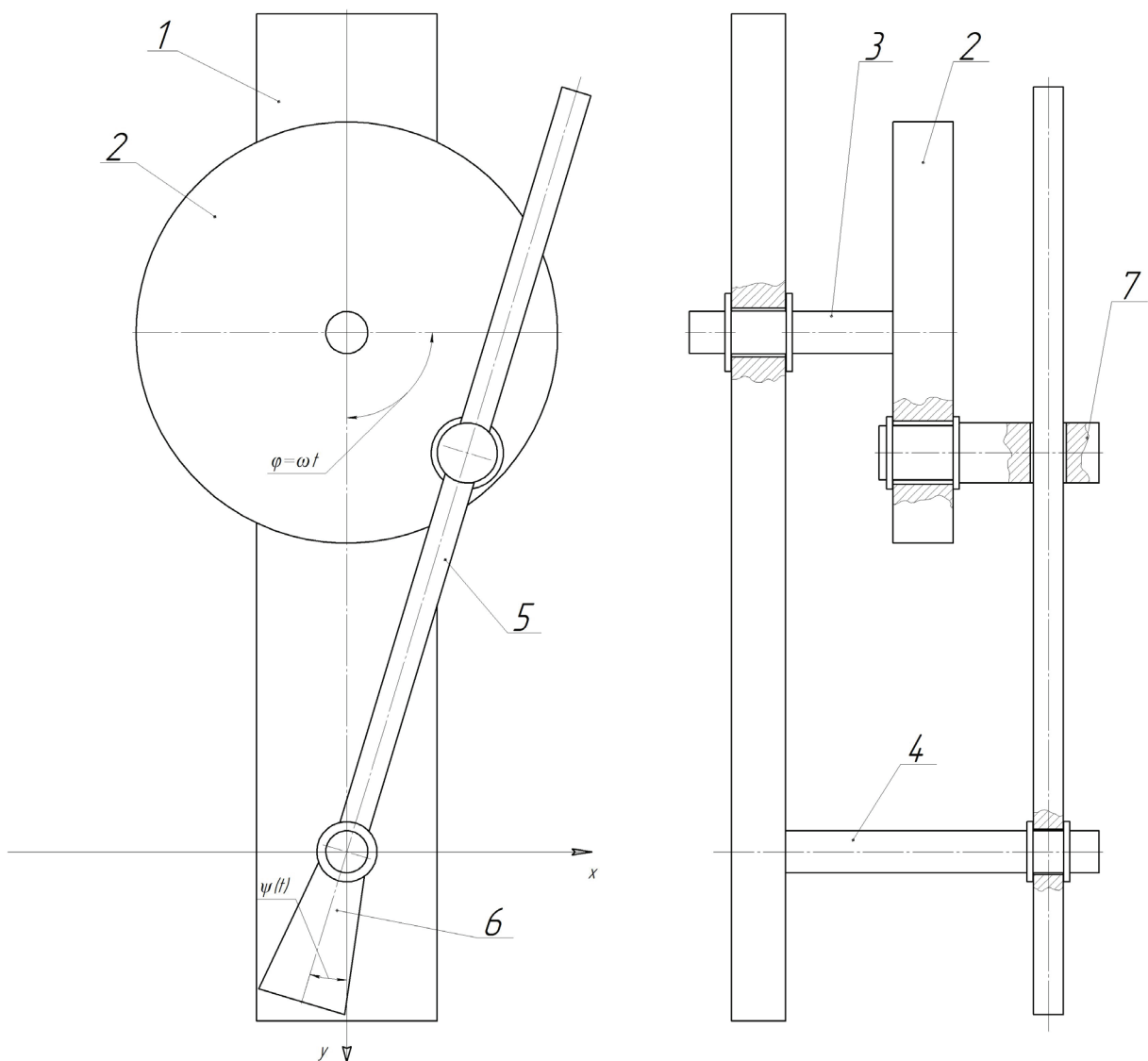


Рисунок 1 – Вибровозбудитель с направленной силой инерции
 Figure 1 – Vibration exciter with directional inertia force

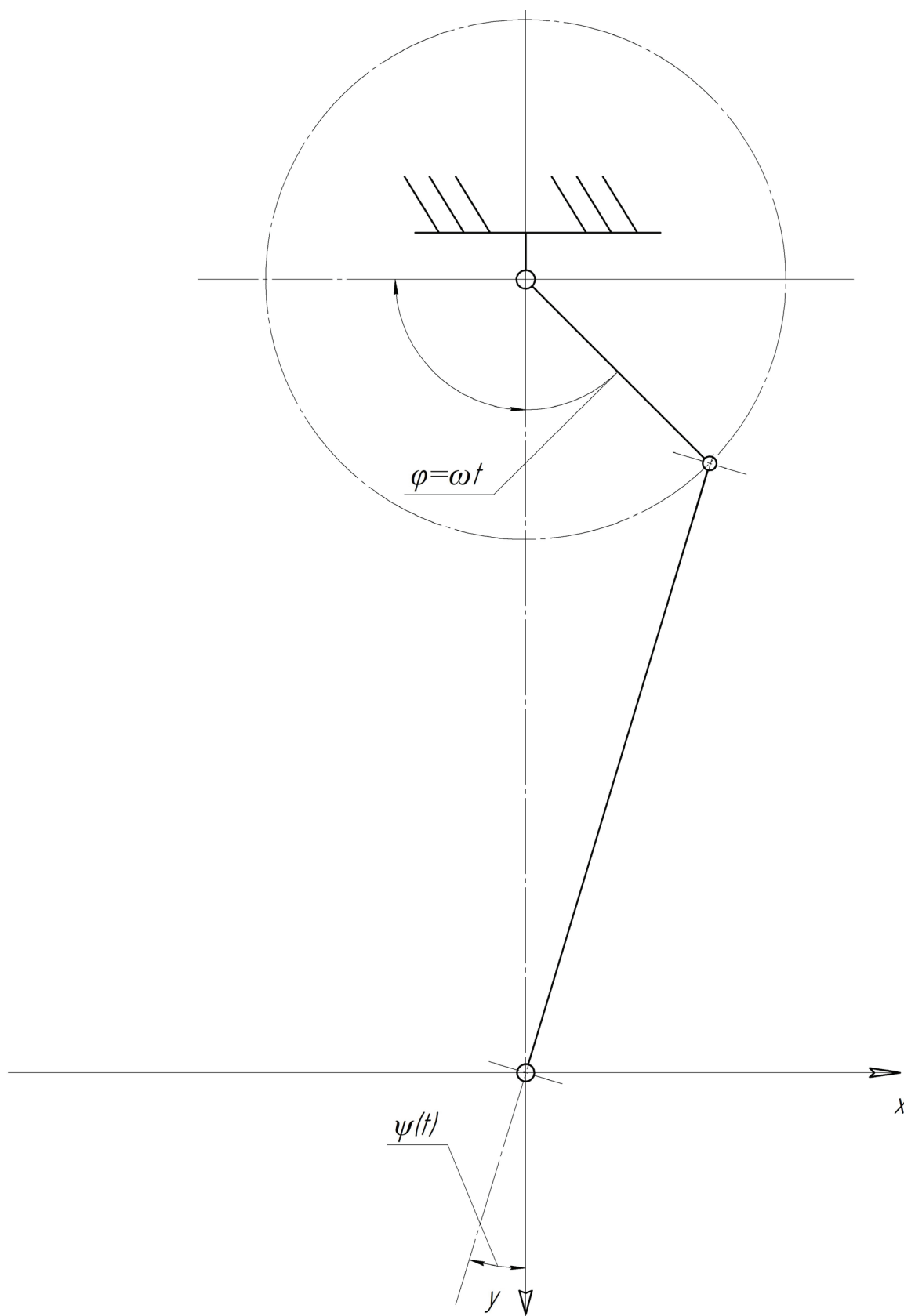


Рисунок 2 – Кинематическая схема вибровозбудителя с направленной силой инерции
 Figure 2 – Kinematic scheme of the exciter with directional inertia force

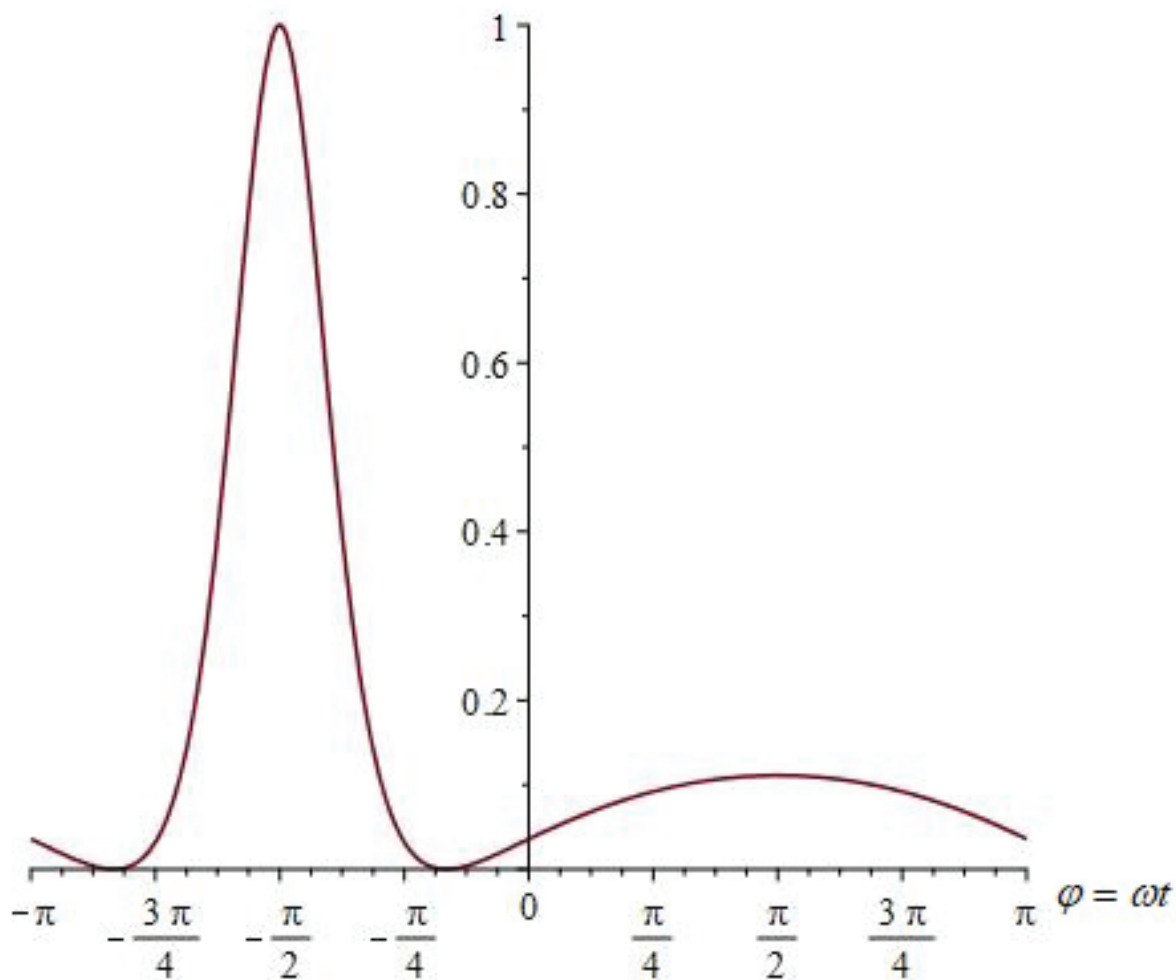


Рисунок 3 – Зависимость функции $\Phi_y(\omega t, \varepsilon)$, определяющей величину силы инерции $F_y(\omega t, \varepsilon)$ от угла поворота кривошипа ($\varepsilon = 1/2$)

Figure 3 – Dependence of function $\Phi_y(\omega t, \varepsilon)$ determining the y-component of inertia force $F_y(\omega t, \varepsilon)$ on angular coordinate of crank rotation ($\varepsilon = 1/2$) $\varphi = \omega t$

Сила, генерируемая устройством, возникает как сила инерции дебаланса 6, прикладываемая к оси 4, неподвижно закрепленной на основании 1 в результате маятниковых колебаний коромысла с установленным на нем дебалансом. График $\Phi_y(\omega t, \varepsilon)$, определяющий величину силы инерции $F_y(\omega t, \varepsilon)$, от времени на одном периоде вращения кривошипа изображен на рис. 4. Анализ зависимости на рис. 4 и формулы (5) показывают, что сила имеет выраженный направленный характер и величина силы не принимает отрицательных значений, так что энергия, сообщаемая устройству для возбуждения колебаний шатуна-коромысла, не расходуется на генерирование колебаний в направлении, противоположном требуемому.

Отсутствие у силы инерции на оси 4 составляющей, направленной вверх, является отличительной особенностью заявляемой конструкции, позволяющей повысить энергоэффективность процесса генерирования направленных колебаний и уменьшить высокие механические напряжения в элементах конструкции, характерные для традиционных вибровозбудителей кривошипно-шатунного типа.

Эффективность работы устройства можно определить, оценив величину мощности, затрачиваемой на генерирование силы инерции в направлении, ортогональном направлению преимущественной ориентации силы инерции. Аналогично формулам (5) и (6) можно получить выражения

$$\begin{aligned}
 F_x(\omega t, \varepsilon) &= mr\dot{\psi}^2 \sin \psi = \\
 &= mr\omega^2 \frac{\varepsilon^2 (\sin \omega t + \varepsilon)^2}{(1 + 2\varepsilon \sin \omega t + \varepsilon^2)^2} \cdot \\
 &\sin \left(\arctan \left(\frac{\varepsilon \cos \omega t}{\varepsilon \sin \omega t + 1} \right) \right) = \\
 &= mr\omega^2 \Phi_x(\omega t, \varepsilon), \quad (7)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_x(\omega t, \varepsilon) &= \frac{\varepsilon^2 (\sin \omega t + \varepsilon)^2}{(1 + 2\varepsilon \sin \omega t + \varepsilon^2)^2}, \\
 &\sin \left(\arctan \left(\frac{\varepsilon \cos \omega t}{\varepsilon \sin \omega t + 1} \right) \right) \quad (8)
 \end{aligned}$$

Рисунок 4 демонстрирует график зависимости $\Phi_x(\omega t, \varepsilon)$ от фазы вращения кривошипа на одном периоде. Видно, что осцилляции горизонтальной компоненты силы также имеют удвоенную частоту по сравнению с частотой вращения кривошипа, что открывает перспективы использования предлагаемого устройства в конструкциях осцилляторных вальцов.

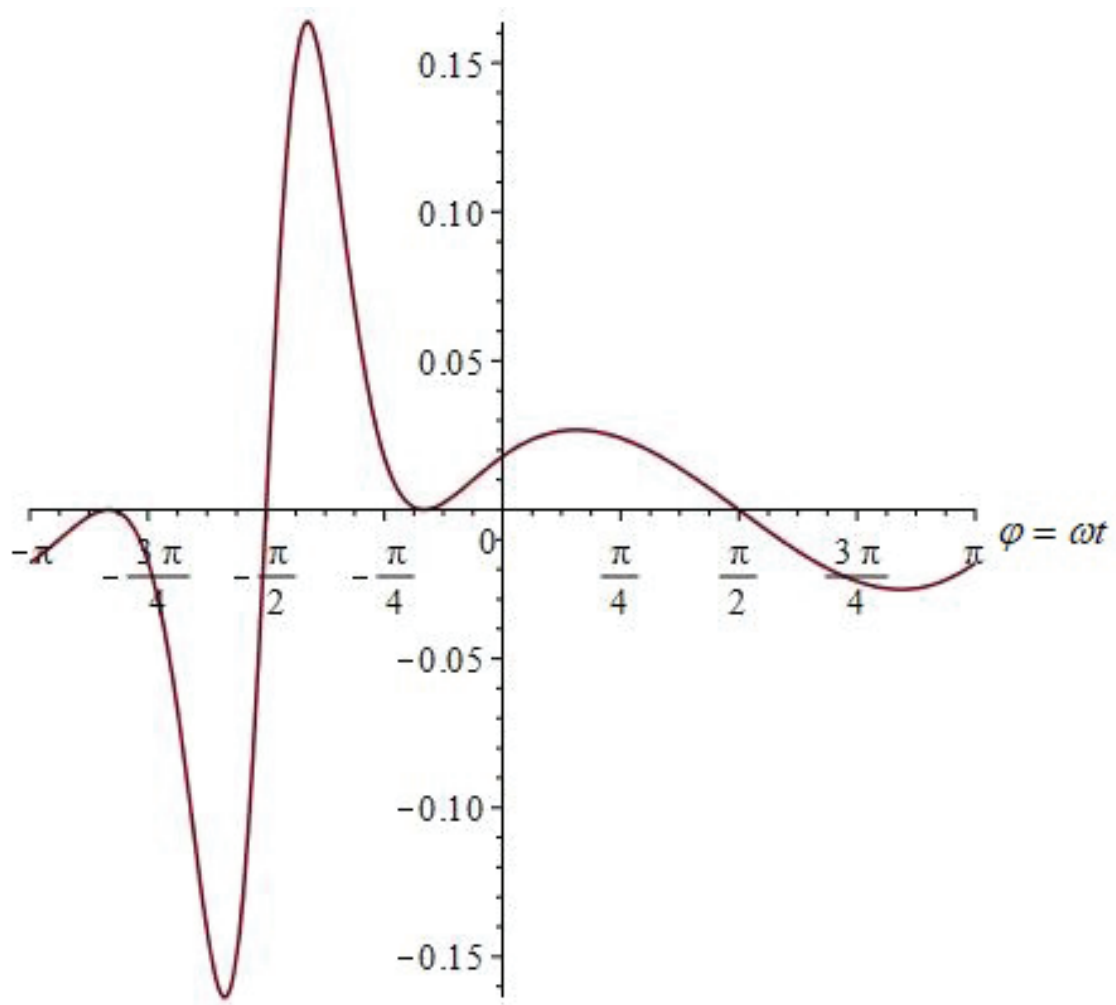


Рисунок 4 – Зависимость функции $\Phi_x(\omega t, \varepsilon)$ от угла поворота на одном периоде вращения кривошипа $\omega t \in [-\pi, \pi]$, $\varepsilon = 1/2$

Figure 4 – Dependence of function $\Phi_x(\omega t, \varepsilon)$ determining the x-component of inertia force $F_x(\omega t, \varepsilon)$ on angular coordinate of crank rotation, $\varepsilon = 1/2$

Средняя за период мощность может быть определена как среднеквадратичное значение кинетической энергии колебаний, генерируемых в направлении соответствующих осей за один период колебаний

$$\begin{aligned} \langle E_k^2 \rangle &= \frac{1}{4T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} (mr^2 (\dot{\psi}(\varphi, \varepsilon))^2) d\varphi = \\ &= \frac{m^2 r^4}{4T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} ((\Phi_y(\omega t, \varepsilon))^2 + (\Phi_x(\omega t, \varepsilon))^2) d\varphi = \\ &= \langle E_k^2 \rangle_y + \langle E_k^2 \rangle_x. \end{aligned}$$

Для параметра $\varepsilon = 1/2$, например, отно-

шение $\alpha = \sqrt{\frac{\langle E_k^2 \rangle_y}{\langle E_k^2 \rangle_x}}$, показывающее распределение кинетической энергии для колебаний, генерируемых вдоль различных осей, принимает значение $\alpha = 5,161$, что характеризует высокую степень направленности передачи энергии колебаний генератора.

Традиционные генераторы, в которых направленная вдоль оси сила возбуждается вращением несбалансированной массы, демонстрируют равномерное распределение кинетической энергии по колебаниям вдоль различных пар ортогональных осей. Для них

$$\alpha = \sqrt{\frac{\langle E_k^2 \rangle_y}{\langle E_k^2 \rangle_x}} = 1$$

отношение. Это позволяет оценить долю энергии, затраченной на возбуждение колебаний в заданном направлении. В случае традиционных возбудителей эта величина равна $1/4$, в случае предложенной конструкции возбудителя доля энергии направленных колебаний зависит от параметра ε и для рассматриваемой ситуации составляет 0,982. Тем самым предложенная конструкция демонстрирует беспрецедентное повышение эффективности преобразования мощности привода вибровозбудителя в энергию направленных механических колебаний.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование предложенной конструкции вибровозбудителя и его правильный расчёт позволит повысить энергоэффективность работы вибрационных катков при уплотнении технологических слоёв автомобильных дорог.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Варганов С.А., Андреев Г.С., Марков П.И. и др. Машины для уплотнения грунтов и дорожно – строительных материалов. М. : Машиностроение, 1981. 240 с.
2. Пермяков В. Б., Иванов В. И., Мельник С. В. [и др.] Транспортно-технологические машины и комплексы (производственная и технологическая эксплуатация) : учебное пособие ; под общ. ред. В. Б. Пермякова. Омск : Изд-во СибАДИ, 2007. 440 с.
3. Хархута Н.Я. [и др.] Дорожные машины. Теория, конструкция и расчет : учебник для ВУЗов / 2-е изд., доп. и перераб. Л. : Машиностроение, 1976. 472 с.
4. Дубровин А. Е. Определение эффективных частот колебаний рабочего органа виброуплотнителя // Исследования параметров и расчеты дорожно-строительных машин. Саратов, 1972, вып. 52. С. 40 – 43.
5. Пермяков В.Б., Захаренко А.В., Савельев С.В. Обоснование выбора параметров вибрационных катков // Изв. вузов. Строительство. 2003. № 2. С. 100 – 103.
6. Попов Г.Н., Хархута Н.Я. Выбор параметров прицепных вибрационных катков // Строительные и дорожные машины. 1972. № 1.
7. Савельев С.В., Михеев В.В. Исследования напряжённо-деформированного состояния упруго-вязкой среды при вибрационном нагружении // Вестник СибАДИ. 2012. № 3 (25). С. 83 – 87.
8. Бируля А.К. Уплотнение четырехфазного грунта. Харьков : Харьк. автомот.-дорож.ин-т, 1953. Вып. 10. С.18 – 21.
9. Савельев С.В., Михеев В.В., Белодед А.С. Математическая модель процесса динамического деформирования уплотняемой упруго вязкой пластичной среды // Вестник СибАДИ. Омск : СибАДИ, 2016.
10. Савельев С.В., Михеев В.В. Исследования деформирования упруговязкой среды при ударном нагружении // Вестник СибАДИ. Омск : СибАДИ, № 4 (26). 2012. С. 100 – 103.
11. Савельев С.В., Милушенко С.А., Лашко А.Г. Модель взаимодействия рабочего органа вибрационного катка с уплотняемой средой // Механизация строительства. М. : 2013. № 1 (823). С. 24 – 28.
12. Kopf, Fritz. Modelling and simulation of heavy tamping dynamic response of the ground / Fritz Kopf, Ivan Paulmichl, Dietmar Adam // From Research to Design in European Practice, Bratislava, Slovak Republic, on June 2-4, 2010 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_186214.pdf
13. Пермяков В.Б. Совершенствование теории, методов расчёта и конструкций машин для уплотнения асфальтобетонных смесей : дис. ... д-ра техн. Наук. Омск : СибАДИ, 1990. 485 с.
14. Michael C. Mc Vay, Evaluating thick lift limerock-base course SR-826: Report, Draft Final Report April 2005. – Miami Florida, 2005. 92 p.
15. Овчинников П.Ф. К теории вибрационных машин с учётом влияния обрабатываемой среды // Прикладная механика. 1965.
16. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле ; под ред. Э. И. Григорюка; пер. с англ. Л. Г. Корнейчука.
17. Кулачковый вибрационный валец // Патент № 166447 на полезную модель РФ, МПК: E01C19/28. / Савельев С. В., Михеев В. В.; Дубков В. В., Серебренников В.С. заявитель и патентообладатель ФБГОУ ВПО «СибАДИ». заявка № 2016125080; заявл. 22.06.2016; опуб. 27.11.2016 г.
18. Осцилляторно-вибрационный валец дорожного катка // Патент № 160645 на полезную модель Российская Федерация, МПК: E01 C 19/28, 19/28. / Савельев С. В., Михеев В. В.; Дубков В. В., Серебренников В.С. заявитель и патентообладатель ФБГОУ ВПО «СибАДИ». заявка № 2015141193; заявл. 28.09.2015; опуб 02.03.2016 г.

19. Валец дорожного катка // Патент № 2552364 на изобретение РФ, МПК: E01 C 19/28, 19./28. / Савельев С. В., Демиденко А. И., Михеев В. В.; заявитель и патентообладатель Сибирская гос. Автомобильно-дорожная академия. заявка № 2013107580; заявл. 20.02.2013; опуб 16.05.2014 г.

20. Дорожный каток // Патент № 162483 на полезную модель РФ, МПК: E01C19/28. / Савельев С. В., Михеев В. В., Потеряев И.К., Белодед А.С. заявитель и патентообладатель ФБГОУ ВПО «ОмГТУ». заявка № 2015157015; заявл. 29.12.2015; опуб 24.05.2016 г.

TO THE QUESTION OF VIBRO-EXCITER'S ENERGY EFFICIENCY INCREASING FOR VIBRATING COMPACTORS IN THE SPHERE OF ROAD CONSTRUCTION

M.K.Shushubaeva, V.V Miheev, S.V Savelev

ABSTRACT

Introduction. The article considers the relevance of the subject of using vibratory compactors in the road construction field. Moreover, the shortcomings of existing unbalance exciters are revealed. In order to eliminate the drawbacks, we propose a new design of a crank-rod type vibration exciter. Therefore, the design is a new step in the development of directional oscillators, the use of which in road engineering would increase its productivity and efficiency. The main provisions, which allow to calculate energy efficiency and vibration parameters of a new exciter, are considered. The results of calculations and the dependence of the power exponent for the entire period of oscillatory motion are presented. The article proposes a new principle of designing periodic generators of directed force action. The scheme of the construction and its kinematic scheme are presented. The result of the research is to increase the energy efficiency of using vibrating compactors in road construction.

Material and methods. A new design of a vibration exciter is presented, the dependence character of the direction of the driving force on time relative to the treated surface is revealed.

Results. Increase energy efficiency of the building materials' processing by vibrating road rollers are given.

Discussion and conclusion. As can be seen, the proposed technical solution is a new step in the development of oscillators of directional action and their usage in road engineering, which would improve its productivity and efficiency of processing road building materials.

KEYWORDS: Energy efficiency vibro-exciter, vibration, forcing power, construction, road construction materials.

REFERENCES

1. Varganov S.A., Andreev G., Markov And P. Mashiny dlja uplotnenija gruntov i dorozhno – stroitel'nyh materialov [Machines for compaction of soils and road construction materials]. Moscow, Mashinostroenie, 1981. 240 p.

2. Permjakov V.B., Ivanov V.I., Miller S.V. Transportno-tehnologicheskie mashiny i komplekсы (proizvodstvennaja i tehnologicheskaja jekspluatacija) [Transport-technological machines and complexes (production and operation)]. Omsk, Publishing house SibADI, 2007. 440 p.

3. Haruta N.I. Dorozhnye mashiny. Teorija, konstrukcija i raschet [Road machines. Theory, design and calculation: a textbook for high schools]. L. Engineering, 1976. 472 p.

4. Dubrovin A. E. Opredelenie jeffektivnyh chastot kolebanij rabocheho organa vibrouplotnitelja [Defining the effective frequency of oscillation of the working body of vibroplates]. Issledovanija parametrov i raschety dorozhno-stroitel'nyh mashin. Saratov, 1972. Vol. 52. pp. 40 – 43.

5. Permyakov V.B., Zakharenko A.V., Savel'ev S.V. Obosnovanie vybora parametrov vibracionnyh katkov [Justification of the choice of parameters of vibrating rollers]. Izv. vuzov. Stroitel'stvo, 2003, no. 2. pp. 100 – 103.

6. Popov G.N., Haruta N.I. Vybór parametrov pricepnyh vibracionnyh katkov [The choice of parameters towed vibrating rollers]. Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. 1972. no. 1.

7. Saveliev S.V., Mikheev V.V. Issledovanija naprazhzhonno-deformirovannogo sostojanija uprugovjazkoj sredy pri vibracionnom nagruženii [Studies of the stress-strain state of elastic-viscous fluid under vibration loading]. Vestnik SibADI, 2012, no. 3 (25), pp. 83 – 87.

8. Birula A. K. Seal four-phase soil/A. Birula//Tr./Khark. automobile.-dorozh.in-t.-Kharkov,1953.-Vol.10.-S. 18-21

9. Savel'ev S.V., Mikheev V.V. Beloded, A.S. Matematicheskaja model' processa dinamicheskogo deformirovanija uplotnjaemoj uprugovjazkoj plastichnoj sredy [Mathematical model of the process of dynamic deformation of the sealing elastic viscous plastic medium]. Vestnik SibADI. Omsk, SibADI, 2016.

10. Savel'ev S.V., Mikheev V.V. Issledovanija deformirovanija uprugovjazkoj sredy pri udarnom nagruženii [Research of deformation prugovecki medium under impact loading]. Vestnik SibADI. Omsk, SibADI, no. 4 (26), 2012, pp. 100 – 103.

11. Savel'ev S.V., Malyshenko S. A., Lashko A. G. Model' vzaimodejstvija rabocheho organa vibracionnogo katka s uplotnjaemoj sredoj [The Model of interaction of working body of the compactor with the sealing environment]. Mehanizacija stroitel'stva. Moscow, 2013, no. 1 (823), pp. 24 – 28.

12. Kopf, Fritz. Modelling and simulation of heavy tamping dynamic response of the ground / Fritz Kopf, Ivan Paulmichl, Dietmar Adam // From Research to Design in European

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

УДК 629.113.001

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВНЕШНИХ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ ХИМИЧЕСКИМИ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В.О. Громалова¹, А.И. Федотов¹, В.Г. Зедгенизов¹, С.М. Гергенов²

*¹Иркутский национальный исследовательский
технический университет, г. Иркутск. Россия;*

*²Восточно-Сибирский государственный университет
технологий и управления, г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Автомобильный транспорт был и остается самым опасным видом транспорта современности. За один год на дорогах нашей страны гибнет около 25 тысяч человек, получают ранения и увечья более 250 тысяч. Каждое третье дорожно-транспортное происшествие происходит в ночное время суток. Продолжает оставаться актуальным вопрос повышения безопасности движения автотранспортных средств на зимних дорогах. Продолжительность периода зимней скользкости в России составляет 5 – 6 месяцев. Одним из способов борьбы с зимней скользкостью является применение противогололедных материалов. При движении автотранспортных средств по дороге, покрытой противогололедными материалами, происходит загрязнение их внешних световых приборов противогололедными реагентами, что существенно снижает освещение дороги, снижает видимость водителем дорожной обстановки в темное время суток и отрицательно влияет на безопасность дорожного движения.

Материалы и методы. Проведен анализ литературных источников, научных работ, публикаций на тему влияния загрязнения внешних световых приборов автомобиля противогололедными материалами на видимость водителем дорожной обстановки в темное время суток. Изучены нормативные документы, регламентирующие требования к состоянию эксплуатируемых автотранспортных средств по условиям безопасности дорожного движения.

Результаты. Установлено, что современная теория эксплуатационных свойств автомобиля не содержит знаний о влиянии освещенности дорог светом фар, в условиях их загрязнения химическими противогололедными материалами, на безопасность движения в темное время суток. Поэтому исследование, направленное на выявление закономерностей влияния загрязнения световых приборов автомобилей противогололедными реагентами на освещенность дороги и видимость водителем дорожной обстановки, является актуальным.

Обсуждение и заключение. Проанализировав проблему, можно утверждать, что в вопросе повышения безопасности движения автотранспортных средств и условий их эксплуатации на зимних дорогах, покрытых химическими противогололедными реагентами, отсутствуют знания о закономерностях влияния реагентов на безопасность движения автотранспортных средств в условиях загрязнения их световых приборов противогололедными материалами в темное время суток. Для получения новых знаний о таком влиянии необходимо проведение системного научного исследования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: безопасность движения автотранспортных средств, безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, яркость света фар, химические противогололедные материалы, загрязнение внешних световых приборов, темное время суток.

БЛАГОДАРНОСТИ: авторы выражают глубокую благодарность Управлению ГИБДД ГУ МВД России по Иркутской области и лично его начальнику, полковнику полиции Жилкину Вячеславу Валерьевичу, за активную поддержку научных исследований, проводимых учеными ИРН ИТУ, направленных на повышение безопасности дорожного движения.

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильный транспорт выгодно отличается от всех других видов транспорта тем, что обеспечивает доставку пассажиров и грузов «от двери – до двери». При этом он был и остается самым опасным видом транспорта современности. Только за три дня на дорогах нашей страны гибнет людей больше, чем на всех остальных видах транспорта вместе взятых. За один год на дорогах гибнет около 25 тысяч человек, получают ранения и увечья более 250 тысяч. Каждое третье дорожно-транспортное происшествие (ДТП) происходит в ночное время суток. При этом каждый второй погибший в ДТП гибнет в ночное время суток, в условиях ограниченной видимости.

Продолжает оставаться актуальным вопрос повышения безопасности движения автотранспортных средств (АТС) на зимних дорогах. Климатической особенностью многих регионов России является появление зимней скользкости на дорогах. Продолжительность периода зимней скользкости в России составляет 5–6 месяцев, из которых время образования снежно-ледяных отложений из-за выпадения снега и появления изморози составляет от 2 до 2,4 месяцев.

Документ ОДМ «Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах» [1] различает три вида снежно-ледяных отложений на автомобильных дорогах: рыхлый снег, снежный накат и стекловидный лед. Все виды снежно-ледяных отложений (СЛО) необходимо ликвидировать в установленные нормативные сроки [1]. В зависимости от транспортно-эксплуатационных характеристик дорог сроки ликвидации СЛО составляют не более 4 – 6 часов. Для выполнения этих требований дорожные и коммунальные службы применяют способы борьбы с зимней скользкостью с учетом категорий дорог. Одним из способов борьбы является применение противогололедных материалов (ПГМ) [1].

Противогололедные материалы (ПГМ) бывают: химические, фрикционные и комбинированные. [2]. Если в состав фрикционных материалов входят, как правило, натуральные природные компоненты (смеси песка, гравия, щебня), то в составе химических противогололедных материалов (ХПГМ) в качестве хи-

мических добавок используют твердые соли: технический хлористый натрий, соль сильвинитовых отвалов и хлористый кальций [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Согласно официальной статистике ГИБДД РФ на территории Иркутской области в 2017 г. в зимнее время года количество дорожно-транспортных происшествий, связанных с наездом на пешеходов в зоне пешеходных переходов, выросло на 3,3%, по сравнению с аналогичным периодом прошлого года [3]. По статистическим данным Госавтоинспекции Иркутской области, в зимний период с IV квартала 2016 г. по I квартал 2017 г. произошло 643 дорожно-транспортных происшествия. В них пострадали и были ранены 671 человек, на пешеходных переходах 274 человека, из них в темное время суток 103 человека [3].

Необходимо отметить, что статистические данные ГИБДД РФ в основном информируют лишь о месте произошедших ДТП, а причины, их повлекшие, анализируются не в полном объеме. Очевидно, что устранение причин возникновения аварийных ситуаций на зимних дорогах позволит уменьшить количество и тяжесть дорожно-транспортных происшествий, приводящих к гибели людей.

На состоявшемся 03.11.2017 г. заседании комиссии по обеспечению безопасности дорожного движения Иркутской области стоял вопрос о профилактике дорожно-транспортных происшествий в зимнее время на дорогах области [4].

Согласно материалам заседания основными причинами ДТП являются: полное отсутствие или плохая различимость дорожной разметки и неудовлетворительное состояние средств стационарного электрического освещения. Не стоит забывать и тот факт, что применение на дорогах противогололедных материалов в качестве борьбы с зимней скользкостью также могут стать причинами аварийных ситуаций.

В современной науке исследованию влияния применения ХПГМ на безопасность движения автотранспортных средств и на их эксплуатационные свойства посвящено большое количество научных трудов, в том числе А.И. Федотова, С.М. Гергенова [5], В.А. Корчагина Ж.В. Дарханова [6], В.В. Ветровой [7], А.И. Са-

райкина [8], В.Д. Балакина [9], С.П. Аржанухиной [10], Д.Р. Абельхановой [11], А.В. Седова [12], и многих других [13, 14, 15, 16].

Большинство известных научных исследований посвящено оценке продольных сцепных свойств автомобильных шин с дорогой, покрытой ХПГМ [6, 15], оценке влияния противогололедных реагентов на показатели устойчивости, управляемости и проходимости АТС [17]. Известна работа, в которой автор выдвигает гипотезу повышения безопасности пешеходов в условиях недостаточной видимости за счет усовершенствования средств информационной поддержки водителя [8].

Группой ученых разработан и модернизирован шинный тестер на базе легкового прицепа, позволяющий проводить исследования сцепных свойств автомобильных шин в боковом направлении, на дорогах, покрытых ХПГМ [5]. Научно обоснована методика оценки влияния реагентов на способность шин создавать боковые реакции, учитывающая значения коэффициента бокового сцепления колеса с дорожной поверхностью, обработанной реагентами [7].

Анализ научных исследований показывает, что в подавляющем большинстве работ не учитывается важный негативный аспект влияния ХПГМ на безопасность дорожного движения: смесь из химических противогололедных реагентов, которыми посыпают дороги в зимнее время, смешиваясь с выпавшими осадками, налипает на кузов автомобилей при их движении, загрязняя внешние световые приборы, остекление кабин, наружные зеркала заднего вида и т.д. (рис.).

Загрязнение внешних световых приборов существенно снижает освещение дороги и видимость водителем дорожной обстановки в темное время суток, снижает безопасность движения автотранспортных средств.



Рисунок – Внешний вид автомобиля с загрязненными внешними световыми приборами
Figure – Appearance of the car with foul external light devices

На основании Федерального закона №131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» от 06.10.2003 г. «Соответствующий уровень освещенности проезжей части улиц в населенных пунктах устанавливается в зависимости от интенсивности движения и типов дорожного покрытия» [18].

Как следует из материалов заседания комиссии по обеспечению безопасности дорожного движения [4], причинами большинства ДТП является неудовлетворительное состояние средств стационарного электрического освещения. Большое количество неосвещенных пешеходных переходов на дорогах области приводит к тому, что водители автотранспортных средств, передвигаясь в условиях плохой видимости, не всегда могут вовремя заметить пешехода в темное время суток. Как следствие, растет количество дорожных аварий, связанных с наездом на пешеходов с трагическими последствиями.

Движение автомобиля зимой в темное время суток с ближним светом фар на неосвещенных пешеходных переходах приводит к тому, что внешние световые приборы, загрязненные смесью осадков и противогололедных реагентов, ухудшают обзорность и снижают видимость дорожной обстановки. Следует учесть, что в зимнее время года в условиях скользких дорог водителю и пешеходам требуется значительно больше времени для предотвращения дорожно-транспортного происшествия чем летом. Поэтому полноценный обзор дороги, ей хорошая освещенность являются одними из важнейших факторов, обеспечивающих безопасность всех участников дорожного движения на зимних дорогах.

В нашей стране существуют нормы, устанавливающие яркость света фар. Согласно Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 018/2011 "О безопасности колесных транспортных средств": «Сила света каждой из фар типов С (HC) и CR (HCR) в режиме «Ближний свет», измеренная в вертикальной плоскости, проходящей через ось отсчета, должна быть не более 750 кд в направлении 34° вверх от положения левой части светотеневой границы и не менее 1600 кд в направлении 52° вниз от положения левой части светотеневой границы [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Очевидным остается тот факт, что при попадании на внешние световые приборы автомобилей противогололедных материалов ос-

вещность ими дороги в ночное время суток значительно снижается. Это негативно влияет на видимость водителем дорожной обстановки и пешеходов, что отрицательно отражается на безопасности дорожного движения. Исследований, направленных на выявление закономерностей влияния загрязнения световых приборов автомобилей противогололедными реагентами на освещенность ими дороги и видимость водителем дорожной обстановки не проводилось. Исследование позволит установить степень опасности, которую несут ХПГМ, загрязняя поверхности световых приборов автомобилей, разработать систему мер, направленных на снижение этого негативного влияния на безопасность дорожного движения на зимних дорогах в ночное время.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучив проблему, можно утверждать, что в вопросе безопасности эксплуатации авто-транспортных средств в темное время суток на зимних дорогах, покрытых химическими противогололедными реагентами, отсутствуют знания о закономерностях влияния ХПГМ на безопасность движения в условиях загрязнения их световых приборов противогололедными материалами. Для получения новых знаний о таком влиянии необходимо провести системные научные исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ОДМ Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах. Минтранс РФ, 2003 г.; http://infosait.ru/norma_doc/41/41133/index.htm.
2. ОДН Требования к противогололедным материалам. М. : Информавтодор, 2003. 72 с.
3. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс] URL: <http://stat.gibdd.ru/> (07.09.2017).
4. Правительство Иркутской области. Официальный портал. <http://irkobl.ru/sites/gkh/transport/BDD/?type=special>.
5. Федотов А.И., Гергенов С.М., Дарханов Ж.В. Шинный тестер для экспериментального исследования сцепных свойств автомобильных шин с дорогой, покрытой химическими противогололедными материалами // Безо-

пасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации. Материалы 99-й Международной научно-технической конференции. ИРНТУ / под общей редакцией А.И. Федотова. 2017. С. 150 – 159.

6. Гергенов С.М., Корчагин В.А., Дарханов Ж.В. Исследование сцепных свойств автомобильных шин // Ползуновский альманах. 2015. № 2. С. 91 – 95.

7. Ветрова В.В. Влияние антигололедных реагентов на дорожные условия и безопасность движения на автомагистрали : дис. ... канд. техн. наук. Москва, МАДИ. 2006. 136 с.

8. Сарайкин А.И. Обеспечение безопасности движения автомобиля в условиях дефицита визуальной информации : дис. ... канд. техн. наук. Оренбург, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», 2017. 189 с.

9. Балакин В.Д. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебное пособие, 2-е изд., перераб. и доп. Омск : СиБАДИ, 2015. 136 с.

10. Аржанухина С.П. Совершенствование технологии применения противогололедных материалов при зимнем содержании автомобильных дорог : дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2009. 164с.

11. Абельханова Д.Р. Повышение эффективности применения противогололедных реагентов при эксплуатации автомобильных дорог : дис. ... канд. техн. наук. Москва. МАДИ, 2011. 169 с.

12. Седов А.В. Сравнительный анализ противогололедных материалов по критерию безопасности движения // Вестник ХНАДУ, Харьков, 2005. С. 48 – 51.

13. Ким П.А. Повышение безопасности пешеходов на нерегулируемых пешеходных переходах : дис. ... канд. техн. наук. Иркутск, ИрГТУ, 2014. 149 с.

14. Нюдь А.С., Киряков Е. И. Существующие проблемы выявления и ликвидации зимней скользкости на автомобильных дорогах и мостовых сооружениях // Вестник ТГАСУ. Томск, № 2. 2013. С. 263 – 272.

15. Кустарев Г.В., Морозов Р.В., Горшков А.В. Проблемы определения сцепления колес транспортных средств с покрытием при обработке антигололедными материалами в зимнее время // Перспективы науки. М. : МАДИ, № 10 (49), 2013. С. 18 – 21.

16. Сюткова Е.А., Алыков Н.М. Сравнительные испытания новых противогололедных материалов разного состава // Экология и промышленность России. Астрахань : АГУ, 2012. С. 47 – 51.

17. Федотов А.И., Гергенов С.М. О влиянии химических противогололедных материалов на движение и эксплуатационные свойства колесных транспортных средств // Журнал автомобильных инженеров. 2015. № 4. С. 38 – 41.

18. Федеральный закон №131-ФЗ Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации, от 06.10.2003 г.

19. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 018/2011 О безопасности колесных транспортных средств. М. : 2011.

INFLUENCE OF EXTERNAL LIGHTING POLLUTION BY THE CHEMICAL DEICING MATERIALS ON TRAFFIC SAFETY OF THE MOTOR VEHICLES

V.O. Gromalova, A.I. Fedotov, V.G. Zedgenizov, S.M. Gerganov

ABSTRACT

Introduction. Road transport remains the most dangerous form of transportation in our time. On the roads of our country about 25 thousand people are killed per year, are injured and maimed more than

250 000 people per year. In fact, every third traffic accident happens in the night time. Therefore, the question of the motor vehicles traffic's safety increasing on winter roads continues to be relevant nowadays. The duration of the winter slipperiness' period in Russia is 5-6 months. One way to prevent the winter slipperiness is the deicing materials' application. While motor vehicles' driving on the road, which is covered with anti-icing materials, the pollution of the vehicles' external lights by anti-icing agents is happen, and this process significantly reduces the illumination of the road and the visibility of the traffic conditions in the darkness time and it also negatively affects the road safety situation.

Materials and methods. The analysis of the literary sources, the scientific works and the publications about the problem of the external lighting of the car pollution by the deicing materials, which influences on the driver's visibility of the traffic conditions in the dark time is made in the article. In addition, the analysis of normative documents, which regulate the requirements to the condition of the operated motor vehicles in terms of the road safety is presented in this research.

Results. The modern theory of the vehicle's operational properties does not contain the results about the illumination influence of the road headlights on the traffic safety in terms of their pollution with chemical deicing materials in dark time. Therefore, the research is aimed to identify the patterns how the lighting devices' pollution of the vehicle by anti-icing agents influences on road illumination and visibility.

Discussion and conclusion. The question about the motor vehicles' safety and about their operating conditions on the winter roads, which cover with the chemical anti-icing agents is urgent nowadays, because of the information lack about the regularities of the reagents' influence on the traffic safety in dark time. For this reason, the systematic scientific research should be conducted to obtain new information of such influence.

KEYWORDS: traffic motor vehicles' safety, road safety, road traffic accident, the headlamp brightness, chemical deicing materials, external lighting pollution, dark time.

REFERENCES

1. ODM Rukovodstvo po bor'be s zimnei skol'zkost'yu na avtomobil'nyh dorogah [ODM Guide on dealing with winter slipperiness on the roads] Moskva, 2003; http://infosait.ru/norma_doc/41/41133/index.htm.
2. ODN Trebovaniya k protivogolodnym materialam. [ONE of the Requirements of anti-icing materials] M. Informavtodor 2003, 72 p.
3. Svedeniya o pokazatel'nyh sostojaniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Yelektronnyi resurs] [Data on indicators of the state road traffic safety [Electronic resource] URL: <http://stat.gibdd.ru/> (07.09.2017).
4. Pravitel'stvo Irkutskoi oblasti. Oficial'nyi portal [The government of the Irkutsk region. Official portal] <http://irkobl.ru/sites/gkh/transport/BDD?type=special>.
5. Fedotov A.I., Gergenov S.M., Darhanov Zh.V. Shinnyi tester dlja yeksperimental'nogo issledovaniya scepnyh svoystv avtomobil'nyh shin s dorogoi, pokrytoi himicheskimi protivogolodnymi materialami [A tire tester for the experimental investigation of coupling properties of tires with a road covered with chemical deicing materials]. Bezopasnost' kolesnyh transportnyh sredstv v usloviyah yekspluatacii Materialy 99-i Mezhd unarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferencii. IRNITU. pod obshei redakciei A.I. Fedotova. 2017. pp. 150 – 159.
6. Gergenov S.M., Korchagin V.A., Darhanov Zh.V. Issledovanie scepnyh svoystv avtomobil'nyh shin, Polzunovskii al'manah [The study of coupling properties of tires]. no. 2, 2015. pp. 91 – 95.
7. Vetrova V.V., Vlijanie antigolodnyh reagentov na dorozhnye uslovija i bezopasnost' dvizheniya na avtomagistrali. Cand., Diss. [The impact of anti-icing reagents for road conditions and traffic safety on the motorway. Cand. Diss.]. Moscow, MADI, 2006. 136 p.
8. Saraikin A.I. Obespechenie bezopasnosti dvizheniya avtomobilja v usloviyah deficita vizual'noi informacii. Cand., Diss. [Security vehicle in the conditions of deficit of visual information. Cand. Diss.]. Orenburg, FGBOU VO, 2017. 189 p.
9. Balakin V.D., Yekspertiza dorozhno-transportnyh proisshestvii. uchebnoe posobie, 2-e izd., pererab. i dop. Omsk, SibADI, 2015. 136 p.
10. Arzhanuhina S.P. Sovershenstvovanie tehnologii primeneniya protivogolodnyh materialov pri zimnem soderzhanii avtomobil'nyh dorog. Cand., Diss. [Improvement of technology of application of de-icing materials for winter maintenance of roads. Cand. Diss.]. Saratov. 2009. 164 p.
11. Abel'hanova D.R. Povyshenie yeffektivnosti primeneniya protivogolodnyh reagentov pri yekspluatacii avtomobil'nyh dorog. Cand. Diss. [Improving the effectiveness of anti-icing agents in the operation of highways. Cand. Diss.]. Moskva, MADI, 2011. 169 p.
12. Sedov A.V. Sravnitel'nyi analiz protivogolodnyh materialov po kriteriyu bezopasnosti dvizheniya [The comparative analysis of deicing materials on the criterion of safety]. Vestnik HNADU, Har'kov, 2005. pp. 48 – 51.
13. Kim P.A. Povyshenie bezopasnosti peshehodov na nereguliruemym peshehodnyh perehodah. Cand., Diss. [Improving pedestrian safety at uncontrolled pedestrian crossings. Cand. Diss.]. Irkutsk. 2014. 149 p.
14. Nyud' A.S., Kirjakov E.I. Sushestvuyushie problemy vyjavleniya i likvidacii zimnei skol'zlosti na avtomobil'nyh dorogah i mostovyh sooruzheniyah [The existing problems of revealing and liquidation of winter slipperiness on highways and bridge constructions]. Vestnik TGASU, no. 2, Tomsk, 2013. pp. 263 – 272.
15. Kustarev G.V., Morozov R.V., Gorshkov A.V. Problemy opredeleniya scepneniya koles transportnyh sredstv s pokrytiem pri obrabotke antigolodnymi materialami v zimnee vremya [The problem of determining the traction of vehicles coated in the processing of de-icing materials in the winter]. Perspektivy nauki, Moskva, MADI, no. 10 (49), 2013. pp. 18 – 21.
16. Syutova E.A., Alykov N.M. Sravnitel'nye ispytaniya novykh protivogolodnyh materialov raznogo sostava [Comparative tests new de-icing materials of different composition]. Zhurnal Yekologii i promyshlennost' Rossii. AGU, Astrahan', 2012. pp. 47 – 51.
17. Fedotov A.I., Gergenov S.M. O vliyanii himicheskikh protivogolodnyh materialov na dvizhenie i yekspluatacionnye

что данные решения должны основываться на современных методологических основах оценки результативности функционирования комплексных систем, учитывать особенности процесса транспортного обслуживания и общие требования к методикам оценки.

Материалы и методы. При написании данной статьи использовались методы системного, структурного и сравнительного анализа. Выделяются основные подходы к решению задачи оценки результативности функционирования комплексных систем и определяются их недостатки и возможность применения для оценки результативности в теории пассажирских автотранспортных перевозок.

Результаты. Предлагается использовать модель индексного нормирования, где вся совокупность тщательно отобранных в соответствии с принятыми стандартами показателей в рамках системы преобразуется из абсолютных значений в относительные. В соответствии с этим определены задачи и этапы последующих исследований. В статье представлена классификационная модель формирования базовой системы показателей результативности работы пассажирского предприятия и функциональная схема их группировки для последующего ранжирования показателей по значимости внутри каждой из четырёх групп.

Обсуждения и заключение. Авторы делают вывод о том, что модель индексного нормирования можно применять в условиях перевозок пассажирским транспортом общего пользования. Систематизированные показатели работы предприятий следует ранжировать в порядке значимости, в первую очередь для пассажира, затем – для заказчика услуг и только в последнюю очередь – для предприятия, так как результативность в рыночных условиях – это не только хороший финансовый результат, но и обязательно конкурентоспособность предприятия по качеству услуг и объёму дотаций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: результативность, транспортный процесс, пассажирские перевозки, пассажирское предприятие, модель индексного нормирования.

ВВЕДЕНИЕ

С появлением коммерческих перевозчиков проблемы муниципальных пассажирских предприятий во многих городах обострились, что отразилось на эффективности функционирования всей системы пассажирского транспорта общего пользования. Быстро меняющиеся условия требуют от предприятий пассажирского автомобильного транспорта пересмотра традиционных методов управления и постоянного повышения эффективности своей деятельности. Как показывает практика, в значительной степени согласованность действий участников зависит от создания эффективной системы показателей, оценивающих результативность деятельности, от их заинтересованности в достижении общих целей и задач всей системы. В условиях конкурентной борьбы перевозчиков на рынке пассажирских автотранспортных услуг за обеспечение качества транспортной услуги и получение конкурентных преимуществ возрастает значимость определения результативности транспортного процесса, выявление «проблемных мест» и решений, способствующих устранению причин, отрицательно воздействующих на транспортный процесс [1].

Однако в городах отсутствуют эффективные инструменты оценки результативности транспортного процесса пассажирских перевозок, не определена методика оценки ре-

зультативности транспортного процесса в системе пассажирских перевозок транспортом общего пользования, в том числе и методика оценки результативности функционирования пассажирских предприятий. Задача оценки результативности в целом является многокритериальной, многофакторной и имеет множество вариантов, методов, способов решения, но ни один из них не является общепринятым [3, 15, 20]. Неточности в оценке результативности функционирования систем влекут за собой экономические потери, рост рисков и несвоевременных управленческих решений по устранению отрицательных факторов, влияют как на эффективность предприятия и финансовый результат, так и на качество услуг и конкурентоспособность. Современные научные исследования решают задачи оценки результата работы системы общественного пассажирского транспорта фрагментарно. Например, наиболее распространённым средством оценки результативности деятельности предприятий является анализ отдельных, в основном стоимостных показателей работы предприятия за плановый период (год). Оценку результативности функционирования системы общественного пассажирского транспорта часто путают с оценкой эффективности. При этом оценка эффективности проводится периодически администрацией города, но при этом зачастую не учитываются интересы пассажиров, которые являются потребителями услуг.

Следует отметить, что процесс транспортного обслуживания – организованный комплекс взаимосвязанных действий, которые в совокупности дают ценный результат для потребителя. Процесс характеризует выделение уровней результативности, а также соответствующих им параметров, формирование показателей результативности, отвечающих требованиям пассажира, интересам перевозчика и интересам заказчика услуг [1]. Процедура оценки результативности – это характеристика степени достижения конечного результата (поставленной цели) на основании определенных показателей для совершенствования деятельности.

Методика оценки результативности работы предприятий автомобильного транспорта в системе пассажирских перевозок транспортом общего пользования должна отвечать всем необходимым общим требованиям к методикам оценки [9], а именно:

- давать комплексную интегральную оценку полученных результатов в кратчайшие сроки;
- включать задачи всех видов планирования и управления;
- позволять идентифицировать и описывать процессы функционирования;
- определять взаимосвязь показателей оценки результативности;
- выявлять причинно-следственные связи возникновения снижения результативности;
- содержать элементы динамичной системы с учетом неопределенностей;
- быть четкой, ясной, последовательной, независимой, обоснованной;
- способствовать повышению результативности функционирования системы пассажирских перевозок транспортом общего пользования;
- повысить достоверность в принятии управленческих решений и оптимизации работы предприятий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При написании данной статьи использовались методы системного, структурного и сравнительного анализа. Теоретической и методологической основой послужили труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные проблемам оценки результативности функционирования комплексных систем, в том числе и с позиции менеджмента качества; публикации в периодической печати по данной проблеме [1, 2, 4, 6, 14, 16].

Анализ работ в области оценки результа-

тивности функционирования комплексных систем позволяет выделить известные методы оценки результативности комплексных систем:

1. На основе анализа степени достижения установленных числовых значений целей (показателей).

Сущность данного подхода состоит в определении процессов и соответствующих показателей, оценивании выделенных показателей с определенной периодичностью и получении комплексного показателя результативности [17].

Расчет выполнения показателей целей осуществляется по формуле

$$ВПЦ = \frac{K_{вып}}{K_{общ}}, \quad (1)$$

где $K_{вып}$ – количество выполненных целей (показателей);

$K_{общ}$ – суммарное количество целей (показателей).

Недостатки. На качество оценки результативности может повлиять установка заведомо выполнимых целей (показателей) в области качества и искажение отчетной информации о выполнении целей (показателей), подход является упрощенным и не учитывает степень влияния каждого показателя на результативность всей системы.

2. На основе нормирования показателей, отобранных для диагностирования состояния системы, и присвоения им весовых коэффициентов. Предполагается, что каждый из параметров необходим, а все вместе достаточны для описания рассматриваемой системы. При этом могут существовать характеристики, увеличение значения которых ведет к улучшению состояния системы (её сложного свойства), а также характеристики, увеличение значения которых приводит к его ухудшению. Кроме того, возможно существование характеристик, критические значения которых разбивают шкалу изменений характеристики на два интервала с противоположными свойствами влияния переменной на состояние системы. Нормированные показатели могут быть получены с помощью нормирующих функций вида (2), если увеличение значения i -й исходной характеристики не влечет снижения свойства системы, оцениваемого с точки зрения i -го критерия, или (3), если при увеличении значения i -й исходной характеристики, оцениваемое по i -му критерию, не возрастает:

$$q_i = q_i(x_i) = \begin{cases} 0, & \text{при } x_i \leq \min_i, \\ \left(\frac{x_i - \min_i}{\max_i - \min_i} \right) & \text{при } \min_i < x_i \leq \max_i, \\ 1, & \text{при } x_i > \max_i. \end{cases} \quad (2)$$

$$q_i = q_i(x_i) = \begin{cases} 1, & \text{при } x_i \leq \min_i, \\ \left(\frac{\max_i - x_i}{\max_i - \min_i} \right) & \text{при } \min_i < x_i \leq \max_i, \\ 0, & \text{при } x_i > \max_i. \end{cases} \quad (3)$$

Диапазон изменения q_i находится в пределах от 0 до 1. Значение $q_i = 1$ может свидетельствовать о благополучии системы по i -му критерию, а значение $q_i = 0$ – о ее деградации (или наоборот). Таким образом, исходные параметры в различных шкалах измерения (абсолютные, средние, величины в конкретных единицах измерения, относительные или балльные оценки и т.п.) приводятся к единой безразмерной шкале. После этого над их значениями можно производить математические действия с целью получения интегрального показателя состояния системы (ее свойства). Далее вводятся (моделируются) оценки весовых коэффициентов p_i . [8, 16].

Расчет интегрального (сводного) показателя (ИПР) производится по формуле

$$ИПР = \sum_{i=1}^n q_i \cdot p_i, \quad (4)$$

где q_i – нормированное значение критерия,
 p_i – вес i -го критерия,
 n – общее число характеристик,
 i – порядковый номер характеристики [8, 16].

Недостатки. Нередко при использовании индексов вес вводится без какого-либо четкого обоснования. Чаще всего применяются следующие способы учета веса отдельных критериев: вес каждого из отобранных параметров просто принимается равным; вес наиболее важных параметров увеличивается или вес второстепенных показателей уменьшается в условное число раз; вес определяется с помощью мнений экспертов; вес каждого показателя моделируется в соответствии с выбранными приоритетами.

3. На основе критериального подхода и сравнительного анализа фактических значений показателей и значений критериев (отношение факта к плану), с интегральной оцен-

кой результатов по квалиметрической шкале значимости. Далее строится диаграмма результативности процесса, на которой представлены кривые кумулятивных сумм и зоны пересечения фактического значения показателя и значения критерия. Результативность определяется как отношение суммы фактических значений показателей к сумме значений критериев (суммой является последняя точка кривой кумулятивных сумм на графике). Затем строится график зависимости коэффициентов значимости показателя от количества выявленных несоответствий, где 10 несоответствий – это нулевая результативность [18].

Недостатки. Данный метод не позволяет выразить динамику показателей в их взаимном отношении и не может использоваться для абсолютных показателей.

4. На основе алгоритма по обобщенной функции желательности как способа перевода натуральных значений с любыми единицами измерения в единую безразмерную числовую шкалу, определенную на интервале от 0 до 1. Обобщенная функция желательности (D) представляет собой среднее геометрическое из частных функций, чтобы избежать «зануления», предложены следующие формулы [14]:

$$d_i = \frac{2 \cdot x_i \cdot x_{\max}}{x_i^2 + x_{\max}^2}, \quad (5)$$

если увеличение показателя x_i является «желательным»,

$$d_i = \frac{2 \cdot x_i \cdot x_{\min}}{x_i^2 + x_{\min}^2}, \quad (6)$$

если увеличение показателя x_i является «нежелательным».

Используя рекомендованные градации по функции желательности Харрингтона выделяются зоны, соответствующие «хорошему», «удовлетворительному», «плохому» и «очень плохому» состоянию.

Недостатки. Данный метод не позволяет выразить динамику показателей в их взаимном отношении.

5. На основе модели индексного нормирования оценки результативности (МИНОР).

В соответствии с МИНОР вся совокупность ключевых показателей в рамках системы [11, 12] преобразуется из абсолютных значений в относительные, а именно – в цепные темпы роста данных показателей. В этом заключается «динамическая» компонента модели, т. е. при измерении результативности системы акцент делается на величине приращения данного показателя, а не на его достигнутом абсолютном уровне. Кроме того, это позволяет произвести «свертывание» разноразмерных показателей. Нормативность МИНОР заключается в том, что желательные уровни изменения показателей результативности, а следовательно, и их приоритетность устанавливаются субъектом управления посредством ранжирования всей совокупности показателей по принципу предпочтительности темпа роста данного показателя в системе. Ранжирование позволяет выразить динамику показателей в их взаимном отношении, т. е. позволяет оценить свойство системы, которое ни одним из показателей в отдельности оценено быть не может. Таким образом, измерение результативности системы приобретает формализованную основу: мерой результативности в рассматриваемом интервале времени выступает ранжированный ряд оценок темпов роста определенного набора показателей. Ранжированный ряд темпов роста показателей характеризует нормативно установленный набор вариантов взаимодействия структурных элементов системы. Особенность применения МИНОР заключается в определении перечня показателей для оценки результативности системы с обоснованием эталона такого перечня показателей [13, 19].

РЕЗУЛЬТАТЫ

На основании анализа библиографических источников для разработки методики оценки результативности функционирования пассажирских автотранспортных предприятий можно применить модель индексного нормирования оценки результативности (МИНОР), которая содержит оценку снижения резуль-

тативности под воздействием i -го фактора (среди факторов, которые запланированы в порядке значимости) на основе измерения близости двух ранговых упорядочений темпов роста (план и факт) с помощью расчётных коэффициентов ранговой корреляции Спирмена и Кендалла, коэффициентов обобщенной и положительной оценки результативности [7, 10]. Влияние факторов оценивается по тому, насколько они снизили оценку результативности по сравнению с плановой, при этом рассчитывается доля влияния каждого показателя на общее снижение уровня результативности системы. Далее по правилу Парето-анализа «80/20» выделяют факторы-показатели, оказывающие наибольшее негативное влияние на результативность. Для объективной оценки результативности транспортного процесса показатели должны быть комплексными и многофакторными, включающие как качественные, так и некачественные, экономические и натуральные критерии, обязательно с использованием международных критериев [2, 4].

При этом при разработке методических и практических рекомендаций для оценки результативности работы предприятий в системе пассажирских перевозок ставятся следующие задачи:

1. Выделить факторы, влияющие на результативность работы предприятий, определить и систематизировать основные показатели с охватом всех участников транспортного процесса.

2. Разработать теоретико-методологические подходы к совершенствованию методов оценки результативности функционирования пассажирских предприятий.

3. Разработать методику оценки результативности работы предприятий, позволяющую идентифицировать и описать процессы с точки зрения эффективности, качества услуг, объёма дотаций, определить взаимосвязь показателей оценки результативности, выявить причинно-следственные связи возникновения снижения результативности.

4. Разработать научно-практические решения по выявлению и устранению факторов, снижающих положительную результативность.

5. Предложить методические рекомендации по оценке результативности в результате экспериментальной проверки полученных теоретических положений, что позволит улучшить деятельность предприятий как участников процесса.

6. Разработать программный инструмент, реализованный на стандартном прикладном

пакете MS Excel, который позволяет автоматизировать расчеты, сокращать время на обработку информации и вывод результирующей информации.

Можно выделить следующие этапы оценки результативности транспортного процесса в системе пассажирских перевозок транспортом общего пользования:

1. Разработка теоретико-методологических подходов к оценке результативности функционирования системы пассажирского транспорта общего пользования:

1.1. Модель оценки результативности транспортного процесса.

1.2. Формирование системы показателей оценки результативности транспортного процесса.

1.3. Исследование взаимосвязей выбранных показателей.

1.4. Разработка блок-схемы оценки результативности транспортного процесса [6].

1.5. Методика оценки результативности транспортного процесса.

2. Практическое применение предлагаемых подходов.

2.1. Оценка результативности транспортного процесса в системе пассажирских перевозок транспортом общего пользования.

2.2. Разработка рекомендаций по совершенствованию результативности пассажирского транспорта общего пользования.

Конкретный набор показателей результативности функционирования системы для МИНОР зависит от специфики системы. Таким образом, следует определить показатели результативности работы пассажирского предприятия, которые можно рассчитать или получить из отчетной документации предприятия (план может быть составлен или взят из факта предыдущего года). При этом важно включить те показатели,

с помощью которых результативность работы оценивает пассажир и заказчик услуг.

Совокупность показателей результативности работы предприятия пассажирского транспорта может состоять из двух подмножеств – базового и дополнительного. Базовые критерии результативности системы позиционируются в соответствии с функциональной принадлежностью.

В качестве классификационной модели для формирования базовой системы показателей результативности, а затем для определения эталонного ранга, предлагается основываться на следующих стратегических перспективах результативности организации по уровню убывания значимости группы показателей:

Вход «Потребитель/общество» – перспектива, оценивающая результаты деятельности организации на рынке, и результаты, которых она достигла в отношении удовлетворения интересов внешних потребителей (коэффициент регулярности, эксплуатационная скорость и т.д.), характеризует качество услуг.

Вход «Заказчик» – перспектива, оценивающая финансовые результаты работы организации, которые оказывают влияние на удовлетворение интересов заказчика услуг – Департамент транспорта в сфере субсидирования (дотации, объем перевозок и т.д.), характеризует объем услуг.

«Чёрный ящик» предприятия – перспектива, оценивающая результативность осуществляемых организацией процессов, которые оказывают непосредственное влияние на степень слаженности функционирования процессов на предприятии (коэффициент технической готовности, коэффициент использования пробега и т.д.), данные показатели не интересуют потребителя и заказчика, характеризует эффективность.

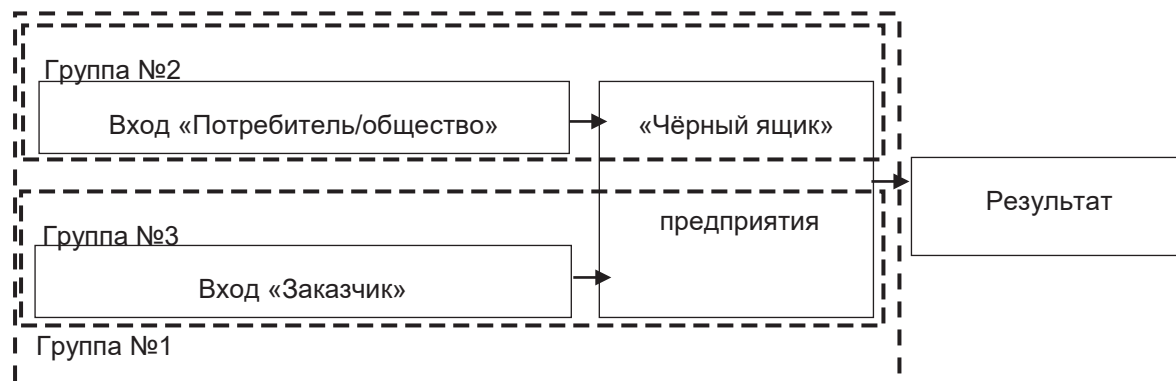


Рисунок – Функциональная схема группировки показателей
Figure – Functional scheme for indicators' grouping

Данную систему показателей можно, например, расширить и включить перспективы, оценивающие результаты, которых достигла организация в отношении удовлетворения интересов персонала и др.

Все три группы имеют области пересечения (см. рисунок).

Для эталонного ранжирования показателей предлагается следующий порядок действий:

1) выбрать показатели, входящие в группу №1, которые напрямую влияют на оценку результативности со стороны и потребителя, и заказчика услуг, и предприятия (качество-эффективность-объем: К-Э-О);

2) выбрать показатели, входящие в группу №2, которые напрямую влияют на оценку результативности как со стороны потребителя, так и со стороны предприятия и не интересуют заказчика (К-Э);

3) выбрать показатели, входящие в группу №3, которые напрямую влияют на оценку результативности как со стороны заказчика услуг, так и со стороны предприятия и не интересуют потребителя (О-Э);

4) выбрать показатели, входящие в группу №4 «чёрный ящик предприятия», которые важны только для предприятия №4 (Э).

5) ранжировать показатели внутри каждой группы по принципу предпочтительности темпа роста каждого показателя – установить приоритетность уровней изменения показателей результативности.

Формализованной основой в данном случае служит мера результативности в виде ранжированного по приоритетности эталонного ряда оценок темпов роста плановых показателей, т.е. установленного набора рангов «плана» показателей от 1 до i , где i – множество показателей.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для того чтобы определить дальнейшие направления развития системы пассажирского транспорта общего пользования в условиях достаточно слабой координации работы муниципального и коммерческого транспорта, высокой степени износа подвижного состава муниципального транспорта и нарастающей конкуренции со стороны частных перевозчиков, целесообразно оценивать результативность работы предприятий в системе пассажирского транспорта общего пользования в городе по методике, разработанной с учётом комплекса экономико-математических методов и инженерно-технических решений. Комплексная оценка результативности работы

систем необходима для разработки мероприятий по совершенствованию функционирования предприятий и процессов.

Существующие оценки результативности функционирования сложных систем [8, 9, 14, 16, 17, 18] имеют определённые существенные недостатки: упрощённый подход, не учитывающий степень влияния каждого показателя на результативность работы системы в целом, невозможность выразить динамику показателей в их взаимном отношении и невозможность применения подхода при работе с абсолютными показателями. Предлагаемые различными авторами варианты оценки результативности процессов в комплексных системах основаны на слабо формализованных методах, которые имеют низкую точность и достоверность.

По результатам анализа для разработки методики оценки результативности процессов в системах пассажирского транспорта общего пользования, в том числе для оценки результативности работы пассажирских предприятий выбрана модель индексного нормирования оценки результативности, методы Парето и Исикава (при проведении анализа значимости влияния факторов, отрицательно воздействующих на результативность), определены этапы работы. Практическое решение данной задачи даст возможность достоверно оценить изменение результативности за определённый плановый период и определить целесообразные направления развития в данной ситуации.

Систематизированные показатели работы предприятий предлагается ранжировать в соответствии с классификационной моделью и предлагаемой схемой функциональной группировки показателей, в порядке значимости, в первую очередь для пассажира, затем – для заказчика услуг, и только в последнюю очередь – для предприятия, так как результативность в рыночных условиях – это не только хороший финансовый результат, но и обязательно конкурентоспособность предприятия по качеству услуг и объёму дотаций [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Abbas Athuman Hozza. Evaluation of performance of passenger road transport companies in Tanzania: The Case of Dar es Salaam City: dissertation of Master of Engineering Management of the University of Dar es Salaam: disput. 02.11.10 / Hozza Athuman Abbas: supervisor Prof. E. A. Mjema: University of Dar es Salaam. Tanzania, 2010. 110 p. [Electronic resource]. Access mode by URL: <http://www.logisticon.cz/files/proceedings/09/reports/972.pdf> (дата обращения: 05.01.2018).

2. Demelash A.A. Analysing public transport performance using efficiency measures and spatial analysis : the case of

Addis Ababa Ethiopia : Thesis Report of Master of Science in urban planning and land administration: disput 01.03.07 / Abreha Abate Demelash: supervisor Ir. M.J.G. Brussel and Dr. Ir. M.H.P. Zuidgeest: International Institute for Geo-information Science and Earth Observation. The Netherlands, 2007. 85 p. [Electronic resource]. Access mode by URL: https://www.itc.nl/library/papers_2007/msc/upla/abreha.pdf (дата обращения: 05.01.2018).

3. Mochalin S.M., Kasper M.E., Nikiforov O.A., Levkin G.G. Condition for application of logistic principles in practice of urban public passenger transport of the city of Omsk. Transport problems 2017. Proceedings IX International Scientific Conference; VI International Symposium of Young Researchers. 2017. pp. 441 – 451.

4. Tubis A. Passenger transportation processes performance measurement system. A case study of road transport / Agnieszka Tubis, Sylwia Werbińska-Wojciechowska. Carpathian Logistic Congress (CLC), 2012, November. Czech Republic, Jeseník, 2012. [Electronic resource]. Access mode by URL: https://www.researchgate.net/profile/Agnieszka_Tubis/ (дата обращения: 05.01.2018).

5. Vdovychenko V., Nagornyy Y. Formation of methodological levels of assessing city public passenger transport efficiency. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. no. 3/3 (81). pp. 44 – 51.

6. Vyskupaitis A. Efficiency estimation of transport companies' activity. Transport. 2003. no.18 (2). pp. 61 – 65. [Electronic resource]. Access mode by URL: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/16483840.2003.10414067> (дата обращения: 05.01.2018).

7. Walter M. Efficiency and competition in the public transport : Dr. dissertation : disput. 02.02.10. reviewer and supervisor : Prof. Dr. Christian von Hirschhausen. Dresden University of Technology. Dresden, 2010. 163 p. [Electronic resource]. Access mode by URL: http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/2704/Walter_2009_Efficiency_Competition_Public_Transport.pdf (дата обращения: 05.01.2018).

8. Батов А.А. Оценка результативности промышленной корпорации на основе показателей управленческого учёта : автореф. дис. ... канд. экон. наук. Ижевск. ГОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет», 2005. 25 с.

9. Владимирова Т.А., Цевелев С.А. Система сбалансированных показателей для оценки результативности регионального филиала Федеральной пассажирской компании // Сибирская финансовая школа. 2016. № 1 (114). С.127 – 131.

10. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие для вузов. М. : Высшая школа, 2004. 479 с.

11. ГОСТ ISO 9000–2011. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Введ. 2013-01-01. М. : Стандартинформ, 2012. II, 32 с.

12. ГОСТ ISO 9001-2011. Системы менеджмента качества. Требования. Введ. 2013-01-01. М. : Стандартинформ, 2012. I, 36 с.

13. Короткова Е.Н. Оптимизация функционирования транспортного процесса в цепи поставок : дис. ... канд. техн. наук. Москва. Московский государственный автомобильно-дорожный институт (технический университет), 2010. 132 с.

14. Костина Н.В. Интегральная оценка устойчивого развития территорий Волжского бассейна с применением экспертной информационной системы REGION : дис. ... д-ра биол. наук. Тольятти. Федеральное агентство научных организаций Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт экологии Волжского бассейна Российской Академии Наук», 2017. 265 с.

15. Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом. Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 31 января 2017 г. № НА-19-р.

16. Осипова А.А., Дмитриев В.В. Интегральные оценки качества жизни населения и качества городской среды г. Санкт-Петербурга // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 3 – 1. С. 96 – 102. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.expeducation.ru/ru/article/view?id=4671> (дата обращения: 05.01.2018).

17. Польшкая М.М. Оценка результативности системы менеджмента качества предприятия железнодорожного транспорта // Вестник науки Сибири. 2013. № 1 (7). С. 82 – 89. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru> (дата обращения: 05.01.2018).

18. Самородов В.А. Разработка и оценка результативности системы менеджмента качества промышленного предприятия : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Тамбов. Тамбовский научно-исследовательский химический институт (ФГУП «ТамбовНИХИ»), 2004. 16 с.

19. Чувинова В.В. Оценка результативности функционирования прямой цепи поставок : автореф. дис. ... канд. экон. наук. Омск. ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)», 2012. 22 с.

20. Якимов М.Р. Рецензия на методический документ «Социальный стандарт транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом». М. : Институт транспортного планирования Общероссийской общественной организации «Российская академия транспорта», 2017. 3 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rosacademtrans.ru/wp-content/uploads/2017/10/Retsenziya1.pdf> (дата обращения: 05.01.2018).

EVALUATING METHODS' APPLICATION OF COMPLEX SYSTEMS' EFFECTIVENESS IN THE AUTOMOBILE PASSENGER TRANSPORT THEORY

S.M. Mochalin, M.E. Kasper

ABSTRACT

Introduction. The article determines the relevance of the scientifically sound solutions and effective tools' development in the evaluation of the passenger companies' performance. The author notes that these decisions should be based on the modern methodological principles for assessing the complex

systems' performance, taking into account the specific of the transport service process and the general requirements for evaluation methods.

Materials and methods. The methods and tools of the quality management system, methods of system and the methods of structural and comparative analysis are used in the research. The main approaches to the task assessing effectiveness of the complex systems' functioning are singled out, and their shortcomings, and the possibility of their application for the evaluation of performance in the theory of passenger motor transport are determined.

Results. The author proposes to use the index normalization method to develop a methodology for assessing the performance of passenger enterprises, where the whole set of carefully selected indicators in accordance with accepted standards is converted from absolute values to relative ones. In accordance with it, the tasks and stages of subsequent research are defined. The article presents the classification model of the basic system formation of performance indicators and the functional scheme of their grouping for the subsequent indicators' ranking by significance within each of the four groups.

Discussion and conclusion. The author concludes that the index rationing method could be used for urban public transportation terms. Systematized enterprises' indicators should be ranked in order of importance, first of all for the passenger, then for the department of transport, and only then for the enterprise, because efficiency in market conditions is not only a good financial result, but also the enterprise competitiveness for the quality of services and the amount of subsidies.

KEYWORDS: efficiency, transport process, passenger transportation, passenger enterprise, indexation model.

REFERENCES

1. Abbas Athuman Hozza. Evaluation of performance of passenger road transport companies in Tanzania : The Case of Dar es Salaam City : dissertation of Master of Engineering Management of the University of Dar es salaam : disput. 02.11.10. Hozza Athuman Abbas ; supervisor Prof. E. A. Mjema ; University of Dar es Salaam. Tanzania, 2010. 110 p. [Electronic resource]. Access mode by URL: <http://www.logisticon.cz/files/proceedings/09/reports/972.pdf>
2. Demelash A.A. Analysing public transport performance using efficiency measures and spatial analysis : the case of Addis Ababa Ethiopia : Thesis Report of Master of Science in urban planning and land administration : disput 01.03.07. Abreha Abate Demelash ; supervisor Ir. M.J.G. Brussel and Dr. Ir. M.H.P. Zuidgeest ; International Institute for Geo-informational Science and Earth Observation. The Netherlands, 2007. 85 p. [Electronic resource]. Access mode by URL: https://www.itc.nl/library/papers_2007/msc/upla/abreha.pdf
3. Mochalin S.M., Kasper M.E., Nikiforov O.A., Levkin G.G. Condition for application of logistic principles in practice of urban public passenger transport of the city of Omsk. Transport problems 2017. Proceedings IX International Scientific Conference; VI International Symposium of Young Researchers. 2017. pp. 441 – 451.
4. Tubis A. Passenger transportation processes performance measurement system. A case study of road transport / Agnieszka Tubis, Sylwia Werbińska-Wojciechowska. Carpathian Logistic Congress (CLC), 2012, November. Czech Republic, Jeseník, 2012. [Electronic resource]. Access mode by URL: https://www.researchgate.net/profile/Agnieszka_Tubis.
5. Vdovychenko V., Nagornyy Y. Formation of methodological levels of assessing city public passenger transport efficiency. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016, no. 3/3 (81), pp. 44 – 51.
6. Vyskupaitis A. Efficiency estimation of transport companies' activity. Transport. 2003, no.18(2), pp. 61 – 65. [Electronic resource]. Access mode by URL: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/16483840.2003.10414067>.
7. Walter M. Efficiency and competition in the public transport : Dr. dissertation : disput. 02.02.10. reviewer and supervisor : Prof. Dr. Christian von Hirschhausen ; Dresden University of Technology. Dresden, 2010. 163 p. [Electronic resource]. Access mode by URL: http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/2704/Walter_2009_Efficiency_Competition_Public_Transport.pdf
8. Batov A.A. Ocenka rezul'tativnosti promyshlennoj korporacii na osnove pokazatelej upravlencheskogo uchyota [Evaluation of the efficiency of an industrial corporation on the basis of management accounting indicators]. Izhevsk, 2005. 25 p.
9. Vladimirova T.A., Cevelev S.A. Sistema sbalansirovannykh pokazatelej dlya ocenki rezul'tativnosti regional'nogo filiala Federal'noj passazhirskoj kompanii [Balanced scorecard for evaluating the performance of the regional branch of the federal passenger company]. Sibirskaya finansovaya shkola, 2016, no. 1 (114), pp.127 – 131.
10. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika [Theory of Probability and Mathematical Statistics]. Moscow, Vysshaya shkola, 2004. 479 p.
11. GOST ISO 9000-2011. Sistemy menedzhmenta kachestva. Osnovnyye polozheniya i slovar' [Quality management systems. Basic provisions and vocabulary]. 2013-01-01. Moscow, Standartinform, 2012. 32 p.
12. GOST ISO 9001-2011. Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya [Quality management systems. Requirements]. 2013-01-01. Moscow, Standartinform, 2012. 36 p.
13. Korotkova E.N. Optimizaciya funkcionirovaniya transportnogo processa v cepi postavok Cand., Diss. [Optimization of the functioning of the transport process in the supply chain. Cand. Diss.]. Moscow, 2010. 132 p.
14. Kostina N.V. Integral'naya ocenka ustojchivogo razvitiya territorij Volzhskogo bassejna s primeneniem e'kspertnoj informacionnoj sistemy REGION [Integral assessment of the sustainable development of the territories of the Volga basin using the expert information system REGION]. Tol'yatti, 2017. 265 p.
15. Ob utverzhdenii sotsial'nogo standarta transportnogo obsluzhivaniya naseleniya pri osushchestvlenii perevozok passazhirov i bagazha avtomobil'nyim transportom i gorodskim nazemnym elektricheskim transportom: rasporyazheniye Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii [On the approval of the social standard of transport services for the

тронного блока управления при помощи диагностического сканера является одной из самых простых процедур процесса диагностирования. Однако диагностика усложняется, если неисправность присутствует, а кодов в памяти электронного блока управления нет. В связи с этим диагностика автомобиля переходит на новый уровень экспертного диагностирования, возможный только профессионалам в данной области. В таком случае для постановки правильного диагноза специалисту необходимо обладать достаточным опытом и знаниями в данной области, что предъявляет ряд требований к его квалификации.

Материалы и методы. В статье рассматривается способ определения конкретных неисправностей бензиновых двигателей и их систем на основе логического анализа диагностических параметров, максимально отображающих техническое состояние, с помощью компьютерной техники в составе соответствующего диагностического комплекса.

Результаты и обсуждение. Поступающие данные в виде максимально информативных диагностических параметров от сканера, осциллографа и газоанализатора обрабатываются по заложенному в комплекс способу, заключающемуся в определении интегральных показателей, характеризующих конкретные неисправности.

Заключение. Предлагается рассчитывать интегральный показатель неисправности на основе введённой троичной системы измерений и в дальнейшем по его численному значению определять конкретную неисправность двигателя или его систем, обеспечивая тем самым снижение трудовых затрат на поиск неисправностей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: диагностика автомобилей; диагностические параметры; способ диагностирования; интегральный показатель неисправности; троичная система измерений.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость повышения технико-экономических показателей, а также выполнения требований экологической безопасности современных автомобилей привели к повсеместному в мировом масштабе вытеснению карбюраторных двигателей внутреннего сгорания, на смену которым пришли ДВС с впрыском топлива, снабжённые электронной системой управления двигателем (ЭСУД), включающей набор датчиков, электронный блок управления (ЭБУ) и исполнительные механизмы, что довольно сильно усложнило конструкцию двигателей [18].

Такое усложнение конструкции не могло не внести соответствующие коррективы в процесс диагностирования ЭСУД и двигателя в целом, в частности, разрабатываются новые технологии диагностирования, диагностическое оборудование, специализированная оснастка и т.п. [7], которые стали основой для компьютерной диагностики автомобилей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 20], базирующейся на современных способах, в основу которых положено измерение ряда диагностических параметров, максимально отображающих техническое состояние диагностируемых систем автомобиля [10].

Однако эти способы позволяют фиксировать только отклонения диагностических параметров от их нормальных значений в различных подсистемах двигателя без указания на конкретные неисправности, для определения

которых требуется дальнейшее детальное изучение и логическая обработка полученной информации с целью выявления взаимосвязей и закономерностей изменения этих параметров, что требует наличия высококвалифицированных кадров в области диагностирования и высоких трудовых затрат.

Таким образом, разработка способа диагностирования, позволяющего выявлять конкретные неисправности в ЭСУД и самом двигателе, является актуальной задачей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Известно, что любая неисправность двигателя внутреннего сгорания вызывает изменение численных значений выбранных для замеров диагностических параметров [8]. При одной и той же неисправности значения некоторых диагностических параметров находятся в допустимом пределе, установленном производителем, другие диагностические параметры имеют значения, больше максимального предела, а третьи – меньше минимального предела. Это послужило основанием для разработки нами способа диагностирования двигателя внутреннего сгорания, позволяющего выявлять конкретные неисправности ЭСУД и двигателя в целом.

Суть данного способа заключается в следующем.

На автомобиле конкретной марки при определённых неисправностях $D_1, D_2, D_3, \dots, D_m$ замеряется ряд диагностических параметров

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, которые наиболее полно характеризуют работу двигателя и его систем.

Полученные абсолютные значения параметров $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ переводятся в троичную систему измерений (см. рисунок) следующим образом.

Если измеренное значение диагностического параметра x_i соответствует условию $x_{i\max} \geq x_i \geq x_{i\min}$, т. е. оно находится внутри допустимого предела, то это значение в троичной системе измерений принимает значение, равное 0 ($x'_i = 0$). Если абсолютное значение параметра x_i соответствует условию $x_i < x_{i\min}$, то в троичной системе измерений оно обозначается как $x'_i = -1$. Если же $x_i > x_{i\max}$, то $x'_i = +1$.

На основании нормативных предельных значений диагностических параметров $x_{\max}$ и $x_{\min}$, установленных производителем, подсчитывается среднеарифметическое из предельных значений каждого параметра по формуле

$$x_{\text{н.ср.}i} = \frac{x_{i\max} + x_{i\min}}{2}. \quad (1)$$

После перемножения значений x'_i и $x_{\text{н.ср.}i}$ и сложения полученных произведений подсчитывается предлагаемый интегральный показатель неисправности

$$H_D = x'_1 \times x_{\text{н.ср.}1} + x'_2 \times x_{\text{н.ср.}2} + x'_3 \times x_{\text{н.ср.}3} + \dots + x'_n \times x_{\text{н.ср.}n} \quad (2)$$

Однако подсчитанный по формуле (2) интегральный показатель неисправностей не позволяет выявить такие неисправности, касающиеся конкретных цилиндров, как неисправность свечи зажигания; пониженная ком-

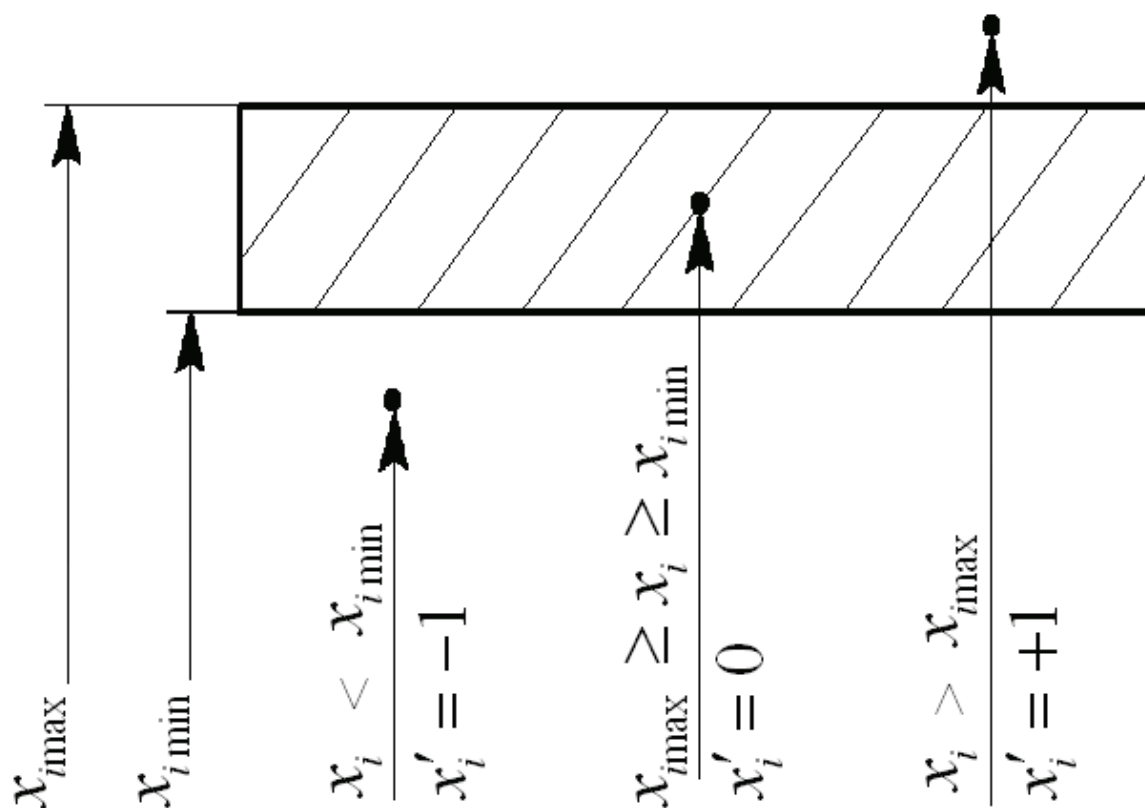


Рисунок – Схема перевода значений диагностических параметров в троичную систему измерений
Figure – Scheme of translating the values of diagnostic parameters into a ternary measurement system

прессия в цилиндре; неисправность топливной форсунки, связанная с отсутствием подачи топлива; неисправность топливной форсунки, связанная с её негерметичностью и др.

Поскольку отмеченные неисправности оказывают наибольшее влияние на напряжение пробоя в высоковольтной цепи системы зажигания, произведение данного диагностического параметра, обозначаемого как x_{12j}^1 (где j – номер цилиндра), и величин $x_{н.ср.12}$ и j , позволяет конкретизировать цилиндр, в котором имеет место одна из вышеотмеченных неисправностей. В таком случае интегральный показатель любой неисправности, в том числе и касающейся конкретного цилиндра, можно определить по выражению

$$H_D = x_1^1 x_{н.ср.1} + x_2^1 x_{н.ср.2} + \dots + x_3^1 x_{н.ср.3} + \dots + \sum_1^j j x_{12j}^1 x_{н.ср.12} + \dots + x_{п}^1 x_{н.ср.п} \quad (3)$$

Если диагностируется исправный автомобиль, то значения диагностических параметров $x_1^1, x_2^1, x_3^1, \dots, x_{12}^1, \dots, x_n^1$ равны нулю и, как следствие, равен нулю интегральный показатель неисправностей. При наличии любой неисправности, вызывающей отклонения параметров x_i за их нормативные пределы, показатель H_D принимает отличающееся для каждой неисправности значение. При наличии же неисправности, касающейся конкретного цилиндра, например второ-

го, в слагаемом $\sum_1^j j x_{12j}^1 x_{н.ср.12}$ формулы (3) значения диагностического параметра равны $x_{12.1}^1 = x_{12.3}^1 = x_{12.4}^1 = \dots = x_{12.j}^1 = 0$, а $x_{12.2}^1 \neq 0$. Само же слагаемое принимает вид $2x_{12.2}^1 x_{н.ср.12}$; при наличии неисправно-

сти в третьем цилиндре это слагаемое равно $3x_{12.3}^1 x_{н.ср.12}$ и т.д. Таким образом, интегральный показатель неисправностей H_D принимает отличающиеся значения не только для каждой неисправности, но и неисправности, имеющей место в каждом конкретном цилиндре. Вычисленные для каждой неисправности, в том числе и для неисправности, имеющей место в каждом конкретном цилиндре, интегральные показатели вместе с именем неисправности вносятся в соответствующую базу данных [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрим пример расчёта интегральных показателей неисправностей.

Имитируя 5 неисправностей двигателей марок ВАЗ с распределённым впрыском топлива, экспериментальным путём получены значения 12-ти диагностических параметров x_i , приведённые в таблице 1, где CH – содержание несгоревших углеводородов в отработавших газах, ppm; CO – содержание оксида углерода в отработавших газах, %; CO_2 – содержание диоксида углерода в отработавших газах, %; O_2 – содержание кислорода в отработавших газах, %; T – время впрыска топлива форсункой, мс; Q – массовый расход воздуха двигателем, кг/ч; $\varphi_{оз}$ – угол опережения зажигания, град.; U_{O_2} – напряжение датчика кислорода, В; $U_{д.д.}$ – напряжение датчика детонации, В; k – коэффициент коррекции времени впрыска; p – разрежение во впускном коллекторе, кПа; $U_{пр}$ – напряжение пробоя в высоковольтной цепи системы зажигания, кВ.

В этой же таблице представлены нормативные предельные значения x_{max} и x_{min} диагностических параметров, установленные производителем, а также рассчитанные по формуле (1) значения $x_{н.ср.i}$ и переведённые в троичную систему измерений значения диагностических параметров x_i' .

Зная значения x_i' и $x_{н.ср.i}$ (см. таблицу), по формуле (3) рассчитываем значения интегральных показателей H_D для каждой из отмеченных в таблице неисправностей.

Таблица
ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЁТА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕИСПРАВНОСТЕЙ
ПРИ РАБОТЕ ДВИГАТЕЛЯ НА РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА (N = 840 ОБ/МИН)
Table
DATA FOR CALCULATION OF INTEGRAL TROUBLESHOOTING INDICATORS
WHEN THE ENGINE IS WORKED AT THE DYNAMIC MODE (N = 840 RPM)

№	Диагностические параметры		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	$x_{12.1}$	$x_{12.2}$	$x_{12.3}$	$x_{12.4}$
			CH	CO	CO_2	O_2	T	Q	φ_{03}	U_{O2}	$U_{d.d.}$	k	p	$U_{np.1}$	$U_{np.2}$	$U_{np.3}$	$U_{np.4}$
1	Неисправность свечи зажигания (зазор увеличен до 1,5 мм)	x_i	112	0,4	14,1	0,9	4,1	9,2	11,5	0,35	0,8	0,88	58	17	13	14	14
		x_{max}	108	0,7	14	1,6	4,2	11	12	0,5	0,5	0,95	59	15	15	15	15
		x_{min}	68	0,3	12	0,8	3,8	9	9	0,4	0,4	0,85	57	13	13	13	13
		$x_{н.ср.д.}$	88	0,5	13	1,2	4	10	10,5	0,45	0,45	0,9	58	14	14	14	14
		x'_i	+1	0	+1	0	0	0	0	-1	+1	0	0	+1	0	0	0
2	Низкий сигнал ДМРВ	x_i	1186	13,6	8,94	0,86	8,8	0	16	0,94	0,45	1	55	10	11	11	10
		x_{max}	108	0,7	14	1,6	4,2	11	12	0,5	0,5	0,95	59	15	15	15	15
		x_{min}	68	0,3	12	0,8	3,8	9	9	0,4	0,4	0,85	57	13	13	13	13
		$x_{н.ср.д.}$	88	0,5	13	1,2	4	10	10,5	0,45	0,45	0,9	58	14	14	14	14
		x'_i	+1	+1	-1	0	+1	-1	+1	+1	0	+1	-1	-1	-1	-1	-1
3	Засорение воздушного фильтра (50%)	x_i	238	1,7	13,6	0,5	8	17	8,5	0,86	0,4	0,6	59	11	12	11	12
		x_{max}	108	0,7	14	1,6	4,2	11	12	0,5	0,5	0,95	59	15	15	15	15
		x_{min}	68	0,3	12	0,8	3,8	9	9	0,4	0,4	0,85	57	13	13	13	13
		$x_{н.ср.д.}$	88	0,5	13	1,2	4	10	10,5	0,45	0,45	0,9	58	14	14	14	14
		x'_i	+1	+1	0	-1	+1	+1	-1	+1	0	-1	0	-1	-1	-1	-1
4	Не герметичность впускного коллектора	x_i	162	0,47	13,6	1,4	4,3	9	9,5	0,04	0,7	1,12	64	14	13	14	14
		x_{max}	108	0,7	14	1,6	4,2	11	12	0,5	0,5	0,95	59	15	15	15	15
		x_{min}	68	0,3	12	0,8	3,8	9	9	0,4	0,4	0,85	57	13	13	13	13
		$x_{н.ср.д.}$	88	0,5	13	1,2	4	10	10,5	0,45	0,45	0,9	58	14	14	14	14
		x'_i	+1	0	0	0	+1	0	0	-1	+1	+1	+1	0	0	0	0
5	Засорение каталитического нейтрализатора (90%)	x_i	118	0,47	13,8	0,8	4,2	9,2	11	0,34	0,73	0,93	65	13	14	13	13
		x_{max}	108	0,7	14	1,6	4,2	11	12	0,5	0,5	0,95	59	15	15	15	15
		x_{min}	68	0,3	12	0,8	3,8	9	9	0,4	0,4	0,85	57	13	13	13	13
		$x_{н.ср.д.}$	88	0,5	13	1,2	4	10	10,5	0,45	0,45	0,9	58	14	14	14	14
		x'_i	+1	0	0	0	0	0	0	-1	+1	0	+1	0	0	0	0

$$H_{D1} = +1 \times 88 + 0 \times 0,5 + 1 \times 13 + 0 \times 1,2 + 0 \times 4 + 0 \times 10 + 0 \times 10,5 - \\ - 1 \times 0,45 + 1 \times 0,45 + 0 \times 0,9 + 0 \times 58 + 1 \times 14 + 0 \times 14 + 0 \times 14 + 0 \times 14 = 115;$$

$$H_{D2} = +1 \times 88 + 1 \times 0,5 - 1 \times 13 + 0 \times 1,2 + 1 \times 4 - 1 \times 10 + 1 \times 10,5 + \\ + 1 \times 0,45 + 0 \times 0,45 + 1 \times 0,9 - 1 \times 58 - 1 \times 14 - 1 \times 14 - 1 \times 14 - 1 \times 14 = -32,65;$$

$$H_{D3} = +1 \times 88 + 1 \times 0,5 + 0 \times 13 - 1 \times 1,2 + 1 \times 4 + 1 \times 10 - 1 \times 10,5 + \\ + 1 \times 0,45 + 0 \times 0,45 - 1 \times 0,9 + 0 \times 58 - 1 \times 14 - 1 \times 14 - 1 \times 14 - 1 \times 14 = 34,35;$$

$$H_{D4} = +1 \times 88 + 0 \times 0,5 + 0 \times 13 - 0 \times 1,2 + 1 \times 4 + 0 \times 10 + 0 \times 10,5 - \\ - 1 \times 0,45 + 1 \times 0,45 + 1 \times 0,9 + 1 \times 58 + 0 \times 14 + 0 \times 14 + 0 \times 14 + 0 \times 14 = 150,9;$$

$$H_{D5} = +1 \times 88 + 0 \times 0,5 + 0 \times 13 + 0 \times 1,2 + 0 \times 4 + 0 \times 10 + 0 \times 10,5 - \\ - 1 \times 0,45 + 1 \times 0,45 + 0 \times 0,9 + 1 \times 58 + 0 \times 14 + 0 \times 14 + 0 \times 14 + 0 \times 14 = 146.$$

Рассчитанные интегральные показатели заносятся в базу данных соответствующего диагностического комплекса, основанного на логическом анализе, который и выдаёт информацию о конкретной неисправности [16, 17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование данного способа в диагностических комплексах не требует наличия высококвалифицированных сотрудников и позволяет снизить трудовые затраты на поиск неисправностей и диагностирование современных автомобильных двигателей внутреннего сгорания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.В., Нуждин Р.В., Фролов В.П., Емелин С.Ю. Распознавание состояния системы с учётом разброса значений диагностических параметров. Владимир: ВГТУ, 2002. С. 34 – 36.
2. Борщенко Я.А., Васильев В.И. Разработка алгоритмов диагностирования систем автомобиля на основе применения обучаемых деревьев решений // Повышение эффективности и безопасности автотранспортных средств в эксплуатации: Сборник научных трудов. Курган : КГТУ, 2005. С. 19 – 22.
3. Бушуева М.Е., Беляков В.В., Патапова М. Н. Диагностирование автотракторной техники с применением нечётких множеств и нечёткой логики // Изв. Акад. инж. наук Рос. Федерации. 2003. №5. С. 240 – 251.
4. Васильев В.П., Жакин А.П., Кузнецов В. Н. Совершенствование методов синтеза алгоритмов и нормативов диагностирования автомобилей на основе новых информационных технологий // Эксплуатация и методы исследования систем и средств автомобильного транспорта : I Межд. науч. конф. Тула : Изв. ТГТУ, 2006. № 10. С. 196 – 199.
5. Власов В.М. Интеллектуальные телематические системы для оперативной оценки технического состояния автотранспортных средств // Прикл. логистика. 2008. № 9. С. 28 – 32.

6. Власов В.М., Богумил В.Н., Жанказиев С.В., Смирнов А.Б. Применение интеллектуальных телематических систем для оперативной оценки технического состояния автотранспортных средств // Автотранспортное предприятие. 2007. №9. С. 50 – 53.

7. Корчагин В.А., Мусаелянц Г.Г., Павленко Е.А. Научные предпосылки к совершенствованию оборудования для диагностирования бензиновых двигателей // Мир транспорта и технологических машин. 2010. № 3 (30). С. 32 – 36.

8. Корчагин В.А., Мусаелянц Г.Г., Павленко Е.А. Статистико-математическая модель корреляционной связи диагностических параметров двигателей внутреннего сгорания // Автотранспортное предприятие. 2010. № 4. С. 38 – 40.

9. Макаров А.М., Павленко Е.А. Экспертная система как основа развития автономного диагностирования автомобильных двигателей // Контроль. Диагностика. 2009. № 1. С. 43 – 47.

10. Макаров А.М., Павленко Е.А. Статистические методы диагностирования технического состояния автомобильных транспортных средств // Автомобильная промышленность. 2009. № 7. С. 29 – 30.

11. Малышев В.С., Корегин А.Ю. Комплексный метод диагностирования автомобильных двигателей // Наука и образование-2004 : Материалы Межд. науч. конф. Мурманск : МГТУ. 2004. С. 291 – 294.

12. Могикин Н.И., Баргуев С.Г. Алгоритм постановки диагноза в сложной технической системе при помощи вероятностных оценок // Вестник КГТУ. Красноярск : 2006. № 43. С. 371 – 378.

13. Мошкин Н.И. Реализация метода постановки диагноза в сложной технической системе с помощью вероятностных оценок в составе компьютерного диагностического комплекса // Инф. технol. 2007. № 8. С. 40 – 42.

14. Мусаелянц Г.Г., Павленко Е.А., Сысоев Д.К. Диагностический комплекс для выявления неисправностей ДВС современных автомобилей // Вестник СибАДИ. №1 (53). Омск : 2017. С. 72 – 77.

15. Науменко Б.С. К разработке комплексной бортовой информационно-измерительной системы для оценивания технического состояния АТС и эффективности транспортного процесса при перевозке грузов // Сб. науч. тр. Сер. Естественнонауч. Сев.-Кавказ. гос. техн. ун-т, 2001. № 4. С. 55 – 61.

16. Способ диагностирования двигателя внутреннего сгорания и диагностический комплекс для его осуществления // Патент РФ №2475717. Бюл. № 5. 2013.

17. Способ диагностирования двигателя внутреннего сгорания // Патент РФ №2475717. Бюл. № 5. 2015.

18. Сосонин Д.А., Яковлев В.Ф. Новейшие автомобильные электронные системы // Учебн. пособие. М.: СОЛОН – Пресс, 2005. 240 с.

19. Саркисов А.А., Власов Д.В., Дианов В.Н. Интеллек-

туальная диагностика сбоев автомобильных датчиков // ЭЭТ: Электрон. и электрооборуд. трансп. 2004. № 3 – 4. С. 46 – 52.

20. Ястребов А.И., Гавриков А.И. Компьютерная система диагностики электрического оборудования автомобиля, основанная на моделях искусственного интеллекта // Автомобиль и техносфера: IV Межд. науч. конф. Казань: КГТУ, 2005. С. 319 – 321.

DIAGNOSING METHOD OF SPECIFIC FAULTS' IDENTIFYING OF GASOLINE ENGINES WITH FUEL INJECTION

G.G. Musayelyants, E.A. Pavlenko, D.K. Sysoyev

ABSTRACT

Introduction. *Diagnosis of car engines and systems is a complex and high-tech process. In fact, the simplest procedure of diagnostics' process is the error status code determination from the electronic control memory unit by using the diagnostic scanner. However, such diagnosis could become complicated whether the fault appears, but the codes in the electronic control unit memory are absent. As a result, a vehicle diagnosis proceeds to the next expert diagnosis' level, where only professionals could help adequately. For the correct diagnosis in this case, the specialist should be significantly experienced in this sphere and, therefore, it imposes a number of requirements to his qualification.*

Materials and methods. *The method for determining the specific defects of the gasoline engines and their systems based on logical analysis of diagnostic parameters with the help of computer technology in the appropriate diagnostic complex is viewed in the article.*

Results and discussion. *Incoming informative diagnostic parameters' data from the scanner, oscilloscope and analyzer is processed by complex method, consisting of the integral indicators' determining.*

Conclusion. *Accordingly, it is proposed to calculate the integral indicator of failure based on the entered ternary system of measurements and, subsequently, to determine the specific fault of engine and its systems by its numerical value, as the result, providing the labor costs' lowering for defects' searching.*

KEYWORDS: *car engines' diagnosis; diagnostic parameters; diagnostic method; integral indicator of failure; ternary system of measurements.*

REFERENCES

1. Bajenov Y.V., Nuzhdin R.V., Frolov V.P., Emelin S.Y. Raspoznavanie sostojanija sistemy s uchjotom razbroza znachenij diagnosticheskikh parametrov [Detection system state considering scatter diagnostic parameters]. Vladimir, VSTU, 2002. pp. 34 – 36.

2. Borshenko Ya.A., Vasiliev V.I. Povyshenie jeffektivnosti i bezopasnosti avtotransportnyh sredstv v jekspluatcii [Development of algorithms for diagnosing car systems based on the application of learning decision trees]. Sbornik nauchnyh trudov. Kurgan, KSTU, 2005. pp. 19 – 22.

3. Bushueva M.E., Belyakov V.V., Patapova M.N. Diagnostirovanie avtotraktornoj tehniki s primeneniem nechjotkih mnozhestv i nechjotkoj logiki [Diagnostics of the automotive tractor technique with the use of fuzzy sets and fuzzy logic]. Izv. Akad. inzh. nauk Ros. Federacii. 2003. no. 5, pp. 240 – 251.

4. Vasiliev V.P., Zhakin A.P., Kuznetsov V.N. Jekspluatcija i metody issledovanija sistem i sredstv avtomobil'nogo transporta [Perfection of methods for synthesis of algorithms and standards for diagnosing cars on the basis of new information technologies]. I Mezhd. nauch. konf. Tula, Izv. TGTU 2006, no. 10, pp. 196 – 199.

5. Vlasov V.M. Intellektual'nye telematicheskie sistemy dlja operativnoj ocenki tehnikeskogo sostojanija avtotransportnyh sredstv [Intelligent telematics systems for

the rapid assessment of the technical state of motor vehicles]. Prikl. logistika. 2008, no. 9, pp. 28 – 32.

6. Vlasov V.M., Bogumil V.N., Zhankaziev S.V., Smirnov A.B. Primenenie intellektual'nyh telematicheskikh sistem dlja operativnoj ocenki tehnikeskogo sostojanija avtotransportnyh sredstv [Application of intelligent telematic systems for the rapid assessment of technical condition of vehicles]. Avtotransportnoe predpriatie. 2007, no. 9, pp. 50 – 53.

7. Korchagin V.A., Musayelyants G.G., Pavlenko E.A. Nauchnye predposylki k sovershenstvovaniju oborudovanija dlja diagnostirovanija benzinovyh dvigatelej [Scientific preconditions for the improvement of equipment for diagnosing gasoline engines]. Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. 2010, no. 3 (30), pp. 32 – 36.

8. Korchagin V.A., Musayelyants G.G., Pavlenko E.A. Statistiko-matematicheskaja model' korrelyacionnoj svyazi diagnosticheskikh parametrov dvigatelej vnutrennego sgoranija [Statistical-mathematical model of correlation correlation of diagnostic parameters of internal combustion engines]. Avtotransportnoe predpriatie. 2010, no. 4, pp. 38 – 40.

9. Makarov A.M., Pavlenko E.A. Jekspertnaja sistema kak osnova razvitiya avtonomnogo diagnostirovanija avtomobil'nyh dvigatelej [Expert system as a basis for development of autonomous diagnostics of automobile engines]. Kontrol'. Diagnostika. 2009, no. 1, pp. 43 – 47.

10. Makarov A.M., Pavlenko E.A. Statisticheskie metody diagnostirovanija tehnikeskogo sostojanija avtomobil'nyh

transportnyh sredstv [Statistical methods for diagnosing the technical condition of motor vehicles]. Avtotransportnoe predpriyatie. 2009, no. 7, pp. 29 – 30.

11. Malyshev V.S., Koregin A.Y. Kompleksnyj metod diagnostirovaniya avtomobil'nyh dvigatelej [Complex method of diagnosing automobile engines]. Nauka i obrazovanie-2004. Materialy Mezhd. nauch. konf. Murmansk, MGTU, 2004, pp. 291 – 294.

12. Mogikin N.I., Barguev S.G. Algoritm postanovki diagnoza v slozhnoj tehnicheckoj sisteme pri pomoshhi veroyatnostnyh ocenok [Algorithm for diagnosing a complex technical system using probabilistic estimates]. Vestnik KGTU. Krasnojarsk, 2006, no. 43, pp. 371 – 378.

13. Moshkin N.I. Realizacija metoda postanovki diagnoza v slozhnoj tehnicheckoj sisteme s pomoshh'ju veroyatnostnyh ocenok v sostave komp'yuternogo diagnosticheskogo kompleksa [Implementation of the method of diagnosis in a complex technical system using probabilistic assessments as part of a computer diagnostic complex]. Inf. tehnol. 2007, no. 8, pp. 40 – 42.

14. Musaelyants G.G., Pavlenko E.A., Sysoev D.K. Diagnosticheskij kompleks dlja vyjavleniya neispravnostej DVS sovremennyh avtomobilej [Diagnostic complex for troubleshooting ICE of modern vehicles]. Vestnik SibADI. Omsk, no. 1 (53), 2017, pp. 72 – 77.

15. Naumenko B.S. K razrabotke kompleksnoj bortovoj informacionno-izmeritel'noj sistemy dlja ocenivaniya tehnicheckogo sostojaniya ATS i jeffektivnosti transportnogo processa pri perevozke грузов [To the development of a complex on-board information-measuring system for assessing the technical condition of MV and the efficiency of the transport process in the transport of goods]. Sb. nauch. tr. Ser. Estestvennopauch. Sev.-Kavkaz. gos. tehn. un-t. 2001, no. 4, pp. 55 – 61.

16. Patent RF no. 2475717. A method for diagnosing an internal combustion engine and a diagnostic complex for its implementation. Bul. no. 5, 2013.

17. Patent RF no. 2475717. Method for diagnosing the internal combustion engine. Bul. no. 5, 2015.

18. Sosonin D.A., Yakovlev V.F. Novejschie avtomobil'nye jelektronnye sistemy [Newest automotive electronic systems]. Uchebn. posobie. Moscow, SOLON – Press, 2005. 240 p.

19. Sarkisov A.A., Vlasov D.V., Dianov V.N. Dianov V.N. Intellektual'naja diagnostika sboev avtomobil'nyh datchikov [Intellectual diagnostics of failures of automobile sensors]. EET: Elektron. elektrooborud. transp. 2004, no. 3 – 4, pp. 46 – 52.

20. Yastrebov A.I., Gavrikov A.I. Komp'yuternaja sistema diagnostiki jelektricheskogo oborudovaniya avtomobilja, osnovannaja na modeljah iskusstvennogo intellekta [Computer system for diagnosing electrical equipment of a car, based on models of artificial intelligence]. Avtomobil' i tehnosfera. IV Mezhd. nauch. konf. Kazan'. KGTU. 2005. pp. 319 – 321.

Поступила 16.01.2018, принята к публикации 15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мусаелянц Геннадий Гургенович (г. Кисловодск, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Транспортные средства и процессы», ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске (357500, г.

Пятигорск, пр. 40 лет Октября, д. 56, e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

Musayelyants Gennady Gurgenovitch (Kislovodsk, Russia) – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department “Vehicles and Processes” North Caucasus Federal University, Institute of Service, Tourism and Design (branch of NCFU in Pyatigorsk) (357500, Pyatigorsk, 56 40 Let Oktyabrya ave, e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

Павленко Евгений Александрович (г. Пятигорск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортные средства и процессы» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске (357500, г. Пятигорск, пр. 40 лет Октября, д. 56, e-mail: evgeneip@bk.ru).

Pavlenko Evgeniy Aleksandrovich (Pyatigorsk, Russia) – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department “Vehicles and Processes” North Caucasus Federal University, Institute of Service, Tourism and Design (branch of NCFU in Pyatigorsk) (357500, Pyatigorsk, 56, 40 Let Oktyabrya ave, e-mail: evgeneip@bk.ru).

Сысоев Дмитрий Константинович (г. Пятигорск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортные средства и процессы», ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске (357500, г. Пятигорск, пр. 40 лет Октября, д. 56, e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

Sysoyev Dmitriy Konstantinovich (Pyatigorsk, Russia) – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department “Vehicles and processes”, North Caucasus Federal University, Institute of Service, Tourism and Design (branch of NCFU in Pyatigorsk) (357500, Pyatigorsk, 56 40 Let Oktyabrya ave, e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Мусаелянц Г. Г. Участие в написание основного раздела статьи, математическое сопровождение при выполнении расчётов (вклад 40%).

Павленко Е.А. Непосредственный автор идеи, написание основной части и результатов исследования, выполнение математических расчётов и обработка данных (вклад 45%).

Сысоев Д.К. Участие в написании аннотации, работа литературными источниками (вклад 15%).

УДК 656.13

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК СОБСТВЕННЫХ ГРУЗОВ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕЛКИМИ ОТПРАВКАМИ В ГОРОДАХ

А.Х. Толебаева¹, Е.Е. Витвицкий²

¹АО «ПОЛИГРАФИЯ», г. Петропавловск, Казахстан;

²ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье рассмотрены аспекты повышения эффективности перевозок собственных грузов предприятий мелкими отправлениями в городах на этапе оперативного планирования. Потребности практики в наличии положений оперативного планирования, рассматривающих особенности современной перевозки собственных грузов предприятий с учётом состояния экономики определяют актуальность исследований в этой области.

Материалы и методы. В работе рассмотрены альтернативы перевозки грузов мелкими отправлениями несколькими технологическими способами на этапе планирования, т.е. разработкой нескольких возможных вариантов плана перевозки грузов. Выполнены расчёты технико-эксплуатационных показателей работы.

Даны варианты перевозки грузов как на простом маятниковом маршруте, так и на более сложных маршрутах с использованием собственных автотранспортных средств, с использованием арендованных автотранспортных средств, предоставляемых по часовому тарифу.

Результаты. Предложен критерий эффективности перевозок грузов, выражающийся в максимальной разнице между затратами на перевозку грузов на маятниковом маршруте с обратным не гружёным пробегом собственным АТС и другими способами АТС и затрат на перевозку грузов для всех вариантов плана.

Заключение. Установлены регрессионные зависимости критерия эффективности от расстояния перевозок грузов в диапазоне от 1 до 60 км, выполнена их проверка на адекватность цели процесса оперативного планирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: собственные грузы предприятий; критерий эффективности; оперативное планирование перевозок; развозочный маршрут; развозочно-сборный маршрут, собственное автотранспортное средство; арендованное автотранспортное средство.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что парк транспортных средств в России неоднороден. Например, по форме собственности он распределяется следующим образом. В индивидуальной собственности граждан находится 53% всех зарегистрированных грузовых автомобилей. На предприятиях отрасли «Автомобильный транспорт» работает всего 50 тыс. единиц транспортных средств из общего количества грузовых автомобилей, которое составляет 5,3 млн единиц. Остальные автомобили находятся в собственности предприятий различных отраслей экономики [1].

По мнению автора [2], более 90% общих грузовых перевозок по народному хозяйству выполняется транспортом предприятий и организаций, перевозящих свои грузы за соб-

ственный счет для производственных нужд на автотранспортных средствах, принадлежащих им на праве собственности или ином законном основании.

Известно, что положения теории грузовых автомобильных перевозок разрабатывались на опыте работы автомобильного транспорта общего пользования [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и др.]. Вопросы повышения эффективности перевозок собственных грузов предприятий с учетом современных особенностей, в том числе в оперативном планировании, остаются мало изученными.

Конкурентоспособность продукции в значительной степени определяется её ценой, в состав которой включаются расходы на транспортировку от места производства до места потребления. Оперативное планирование содержит значительные резервы повышения

эффективности, в том числе в снижении себестоимости перевозок грузов, что соответствует потребностям практики. Ученые Б.И. Шафиркин и В.И. Николин [4, 5] подчеркивают «... в отношении потребления транспортной продукции требуется разработка мер по её экономии на стадии планирования транспортного производства (перевозок), поскольку если перевозка совершена, то она одновременно и потреблена, и об экономном использовании транспортной продукции говорить уже поздно...».

В статье рассмотрена перевозка мелких отправок собственных грузов предприятий не-транспортного профиля автотранспортом не общего пользования на различных маршрутах как собственным, так и арендованным автотранспортным средством.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для реализации задачи настоящей статьи были выполнены следующие шаги:

Шаг 1. Спроектирована система исходных данных.

Шаг 2. На основании исходных данных спроектированы несколько маятниковых маршрутов с обратным негружёным пробегом. Спроектированы варианты оперативного плана перевозок грузов на каждом из указанных маршрутов с применением как собственного автотранспортного средства (АТС) предприятия, так и арендованного АТС, предоставленного в аренду по часовому тарифу. Выполнены расчёты технико-эксплуатационных показателей и затрат на перевозку грузов при изменении расстояния перевозок груза от 1 до 61 км для каждого варианта оперативного плана перевозок грузов.

Шаг 3. Разработан альтернативный вариант оперативного плана перевозок грузов с применением одного, но более сложного маршрута (развозочного, развозочно-сборного), включающий все задания на перевозку грузов на маятниковых маршрутах с обратным негружёным пробегом, спроектированных ранее в шаге 1. Даны варианты оперативного плана перевозок грузов на одном из маршрутов (развозочном, развозочно-сборном) при использовании как собственного АТС, так и арендованного АТС, предоставленного в аренду по часовому тарифу. Выполнены расчёты технико-эксплуатационных показателей и затрат на перевозку собственных грузов предприятий при изменении расстояния перевозок груза от 1 до 60 км, для каждого варианта оперативного плана перевозок грузов.

Шаг 4. Предложен критерий эффективности перевозок собственных грузов предприятия как максимальная разница между затратами на перевозку грузов на маятниковом маршруте с обратным негружёным пробегом собственным АТС и затратами на перевозку грузов по другим спроектированным вариантам оперативного плана перевозки грузов. По результатам выполненных расчётов (шаг 3) определены численные значения критерия эффективности перевозки грузов.

Шаг 5. Установлены регрессионные зависимости критерия эффективности от изменения расстояния перевозок грузов в диапазоне от 1 до 60 км.

Шаг 6. Выполнен анализ результатов работы, и сделаны выводы.

1. Рассмотрена возможность выполнения заданий основного производства на нескольких маятниковых или одном развозочном маршруте при использовании как собственного АТС, так и арендованного АТС, предоставленного в аренду по часовому тарифу.

Основным производством выдано задание к перевозке грузов из одного пункта погрузки в три пункта разгрузки. Численные значения исходных данных представлены в таблице 1.

Разработано три маятниковых маршрута с обратным негружёным пробегом (см. рисунок 1) и два варианта применения АТС на этих маршрутах: собственного АТС ГАЗ-3302 и арендованного АТС грузоподъёмностью 1,5 т. Расчёт результатов работы АТС выполнен согласно [4, 6]. Суммарные результаты ТЭП работы АТС на маятниковых маршрутах с обратным негружёным пробегом при $L_r = 1$ км представлены в таблице 2.

Расчёт затрат на перевозку грузов собственными АТС выполнен по [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 и др.], арендованными АТС, предоставленным по часовым тарифам, выполнен по формулам (1), (2), (3):

$$T_{\text{нф}} = \frac{L_r}{V_r} + t_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{нф}}$ – время фактическое в наряде, ч.; L_r – расстояние перевозки груза, км; V_r – средняя техническая скорость, км/ч; $t_{\text{пр}}$ – время погрузки и разгрузки за езду, ч.

$$T_{\text{ар}} = T_{\text{нф округл.}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{ар}}$ – время аренды АТС, ч;

Таблица 1
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ
Table 1
INITIAL DATA

Наименование показателя	Значение
Количество отправок, ед.	3
Объём груза, Q_1, Q_2, Q_3 , т	1,000
Нулевой пробег L_{H1} , км	1,000
Нулевой пробег L_{H21} , км	2,000
Нулевой пробег L_{H22} , км	2,000
Нулевой пробег L_{H23} , км	1,000
Пробег с грузом, L_{r1}, L_{r2}, L_{r3} , км	1,000
Время погрузки – разгрузки $t_{пр}$, ч	0,425

Таблица 2
СУММАРНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЭП РАБОТЫ АТС
НА МАЯТНИКОВЫХ МАРШРУТАХ
С ОБРАТНЫМ НЕ ГРУЖЁНЫМ ПРОБЕГОМ
ПРИ $L_r = 1$ КМ
Table 2
TOTAL RESULTS OF ATC OPERATING TYPE
ON PILOT ROUTES WITH AN INVERSE UNLOADED
RUN AT $L = 1$ KM

Показатели	Значения	
	ГАЗ-3302	АТС аренд. $q = 1,5$ т
Выработка АТС в тоннах Q , т	3,0	3,0
Выработка АТС в тонно-километрах P , т·км	3,4	3,4
Общий пробег АТС $L_{общ}$, км	11,4	3,4
Время фактическое в наряде $T_{нф}$, ч	0,9	0,6

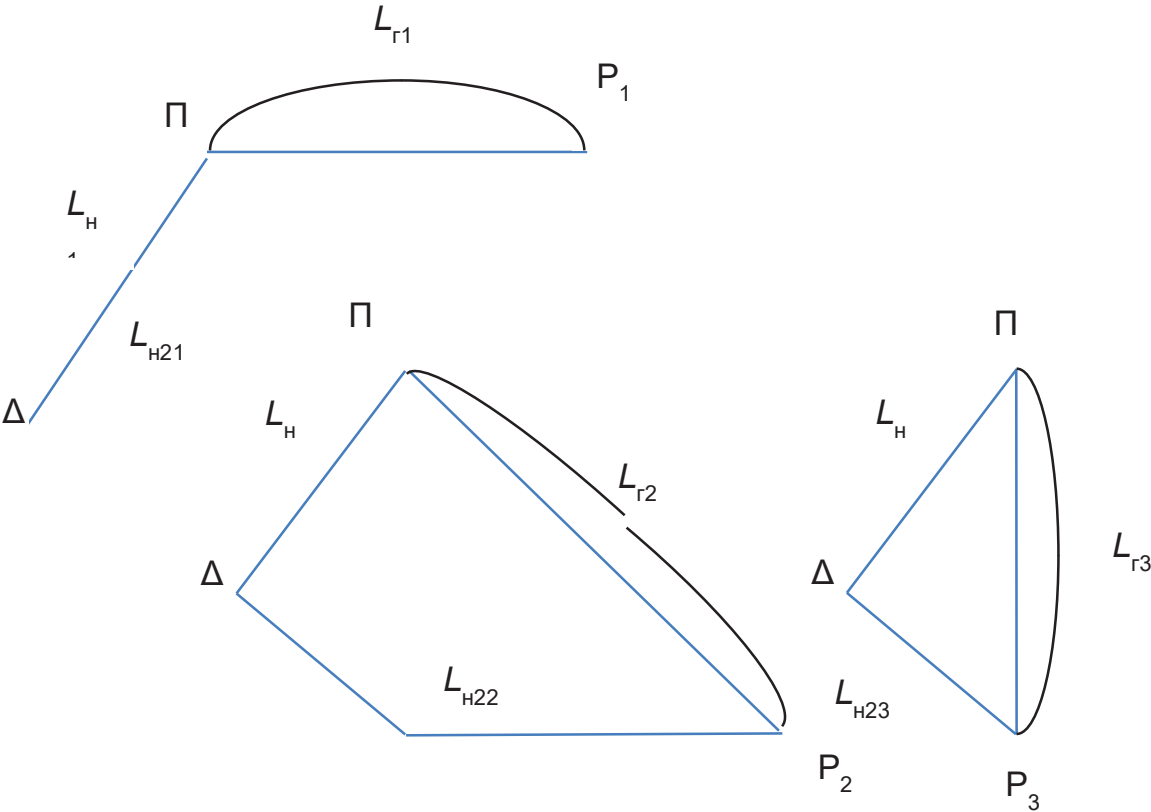


Рисунок 1 – Разработанные варианты перевозок на маятниковых маршрутах и нулевые пробеги:
П – пункт погрузки; P_1, P_2, P_3 – соответственно 1-й, 2-й и 3-й пункты разгрузки;
 L_{r1}, L_{r2}, L_{r3} – пробег с грузом соответственно при выполнении 1-го, 2-го и 3-го задания;
 L_{H1} – первый нулевой пробег; $L_{H21}, L_{H22}, L_{H32}$ – второй нулевой пробег соответственно
при выполнении 1-го, 2-го и 3-го задания.
Figure 1 – Developed variants of transport on pendulum routes and zero runs:
P – point of loading; P_1, P_2, P_3 – accordingly 1-st, 2-nd and 3-rd points of unloading;
 L_{r1}, L_{r2}, L_{r3} – a run with cargo, respectively, when the 1st, 2nd and 3rd tasks are performed;
 L_{H1} – the first zero run; $L_{H21}, L_{H22}, L_{H32}$ is the second zero range, respectively
when performing the 1 st, 2 nd and 3 rd tasks

$$Z_{ар} = T_{ар} \cdot C_{ар} + C_{под}, \quad (3)$$

где $Z_{ар}$ – затраты на аренду АТС, руб.; $C_{ар}$ – стоимость 1 часа аренды АТС, соответствующей грузоподъёмности, руб.; $C_{под}$ – стоимость подачи АТС, соответствующей грузоподъёмности к месту погрузки, руб.

Далее разработан вариант оперативного плана перевозок этих же объёмов грузов и на те же расстояния на развозочном маршруте [9]. Ограничением организации развозочного маршрута является время оборота t_o , которое не может быть превышать время в наряде [6], равное 8 часам. Разработано 2 варианта перевозки грузов на развозочном маршруте (см. рисунок 2): собственным АТС ЗиЛ-5301 и арендованным АТС ($q = 3$ т). Рассчитаны ТЭП работы собственного АТС и арендованного АТС при перевозке грузов на развозочном маршруте согласно [3]. Результаты расчётов ТЭП работы АТС представлены в таблице 3.

Таблица 3
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА ТЭП РАБОТЫ АТС
ПРИ $L_r = 1$ КМ

Table 3
RESULTS OF APP TYPE CALCULATION
OF OPERATION AT LH = 1 KM

Показатели	Значения	
	ЗиЛ-5301	АТС аренд. $q = 3$
Время оборота t_o , ч	0,8	0,6
Выработка АТС в тоннах Q , т	3,0	3,0
Выработка АТС в тонно-километрах P , т·км	6,0	6,0
Общий пробег АТС $L_{общ}$, км	5,0	3,0
Время фактическое в наряде $T_{нф}$, ч	0,9	0,6

Аналогичные расчёты выполнены для других значений L_r до 60 км, с шагом в 1 км. Фрагмент результатов расчётов затрат на перевозку грузов и R_3 представлен в таблице 4.

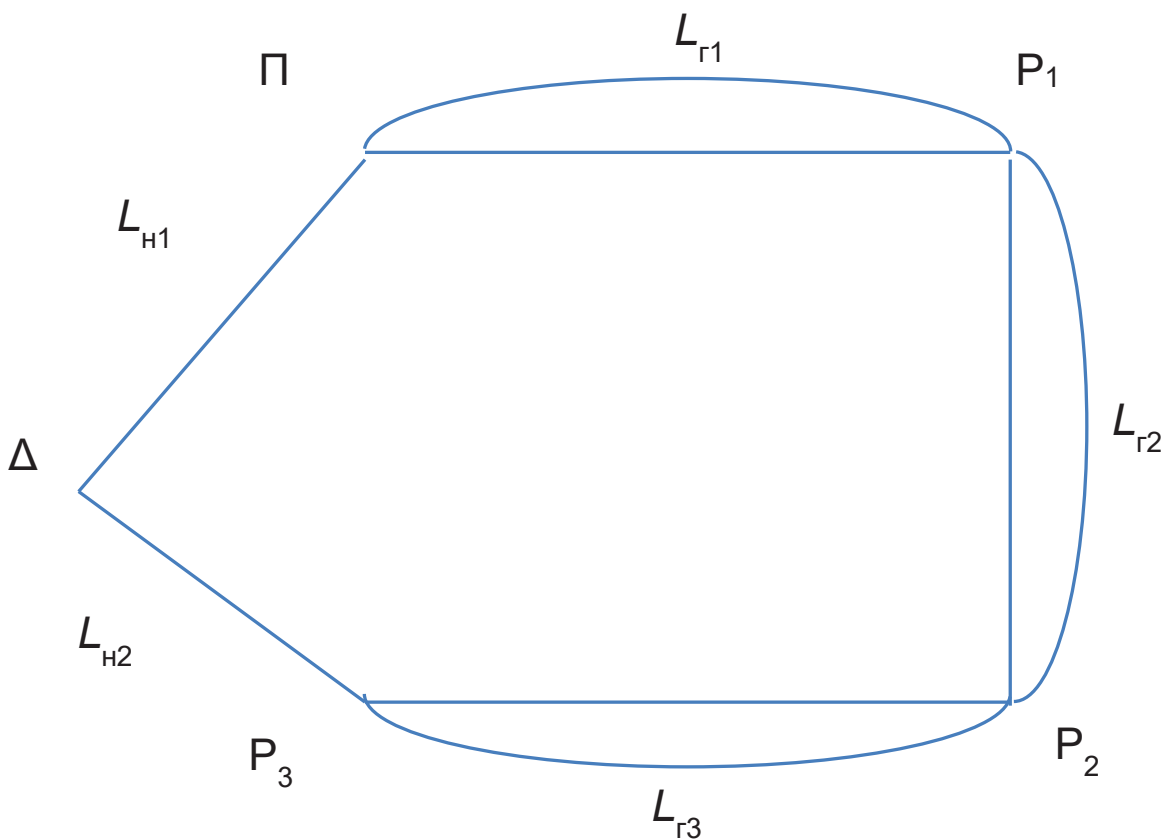


Рисунок 2 – Разработанный вариант перевозок на развозочном маршруте и нулевые пробеги
Figure 2 – Developed version of transportation on the delivery route and zero runs

Таблица 4
ФРАГМЕНТ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЁТОВ ЗАТРАТ НА ПЕРЕВОЗКУ ГРУЗОВ И R_3
Table 4
FRAGMENT OF COSTS' RESULTS FOR CARGO TRANSPORTATION AND REE

L_{r1} , км	3, руб.				R_3 , руб.
	Развозочный маршрут		Маятниковые маршруты		
	Зил-5301	$q = 3$	ГАЗ-3302	$q = 1,5$	
1	793	1 250	2 629	2 610	1 835
2	870	1 250	2 755	2 610	1 885
...	...	...	...	...	...
15	1 766	1 388	4 096	2 610	2 709
16	1 835	1 525	4 199	2 610	2 674
...	...	...	...	...	...
40	3 489	3 038	6 674	2 803	3 872
41	3 558	3 175	6 777	2 899	3 879
...	...	...	...	...	...

После расчёта затрат на перевозку грузов для всех вариантов оперативного плана, определены численные значения критерия эффективности (R_3) для каждого расстояния перевозок грузов от 1 до 60 км, по результатам которого на основе регрессионного анализа

[18, 19, 20 и др.] установлена функциональная зависимость R_3 от L , при $L = L_{r1}$ (см. рисунок 3), уравнение которой имеет вид:

$$R_3 = 45,987L + 1770,2. \tag{4}$$

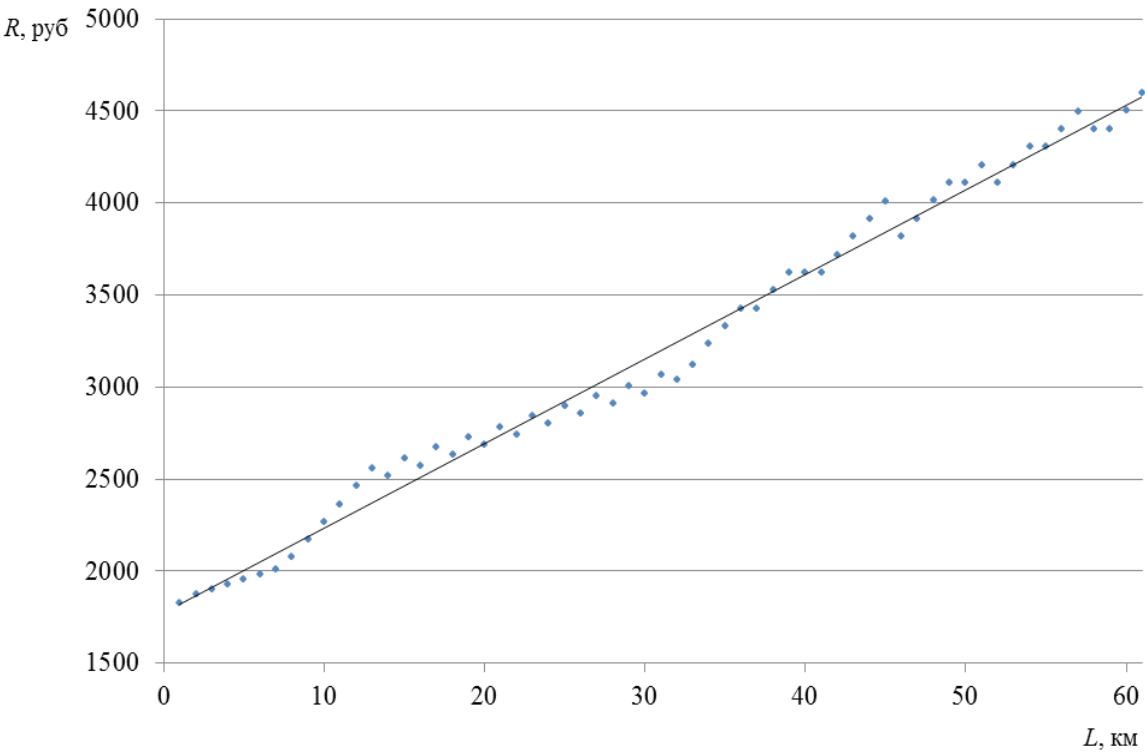


Рисунок 3 – Зависимость R_3 от L , при $L = L_{r1}$
Figure 3 – Dependence of RE on L, for $L = L_{g1}$

Коэффициент детерминации уравнения (4) $R^2 = 0,989$. Максимальная относительная ошибка уравнения (4) составляет 7,4%, что позволяет утверждать, что установленная регрессионная зависимость $R_3 = f(L)$, при $L = L_{r1} = 1; 2; \dots; 60$ км адекватно описывает исследуемый процесс оперативного планирования.

2. Основным производством выдано задание к перевозке тарных грузов (обязательный возврат тары) из одного пункта погрузки в три пункта разгрузки и возврата тары в первоначальный пункт погрузки основного груза (груза в таре), поэтому рассмотрена возможность выполнения заданий основного производства на нескольких маятниковых с обратным гружёным пробегом, но разной загрузкой или одним развозочно-сборным маршрутах с использованием как собственного АТС, так и арендованного АТС, предоставленного в аренду по часовому тарифу.

Численные значения исходных данных представлены в таблице 5.

Таблица 5
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПРИ $L_{r1} = 1$ КМ
Table 5
INITIAL DATA FOR $LH1 = 1$ KM

Наименование показателя	Значение
Объём груза в прямом направлении, $Q_{1, 2, 3}$, т	1,000
Объём груза (тары) в обратном направлении, $Q'_{1, 2, 3}$, т	0,250
Расстояние перевозок в прямом направлении $L_{r1,2,3}$, км	1,000
Расстояние перевозок груза в обратном направлении $L'_{r1,2,3}$, км	1,000
Первый нулевой пробег L_{n1}, L_{n2} , км	1,000
Время погрузки – разгрузки t_{np} , ч	0,425

где $Q_{1, 2, 3}$ – количество груза, соответственно на 1-м, 2-м, 3-м задании, т; Q' – объём перевозок тары, т;

$L_{r1,2,3}$ – расстояние перевозок грузов, соответственно на 1-м, 2-м, 3-м задании, км; L' – расстояние перевозок тары, соответственно на 1-м, 2-м, 3-м задании, км.

Разработано три маятниковых маршрута с обратным гружёным пробегом, но разной загрузкой (см. рисунок 4) и два варианта перевозки грузов на этих маршрутах: собствен-

ными АТС ГА3-3302 и арендованными АТС грузоподъёмностью 1,5 т. Расчёт результатов работы АТС выполнен по [4, 6]. Суммарные результаты ТЭП работы АТС на маятниковых маршрутах с обратным гружёным пробегом, но разной загрузкой, при $L_{r1} = 1$ км представлены в таблице 6.

Таблица 6
СУММАРНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЭП РАБОТЫ АТС
НА МАЯТНИКОВЫХ МАРШРУТАХ
С ОБРАТНЫМ ГРУЖЁНЫМ ПРОБЕГОМ, НО РАЗ-
НОЙ ЗАГРУЗКОЙ ПРИ $L_{r1} = 1$ КМ
Table 6
TOTAL RESULTS OF ATC OPERATING TYPE ON
PILOT ROUTES
WITH REVERSED CARGO RUN, BUT WITH
THE DIFFERENT LOAD AT $L1 = 1$ KM

Показатели	Значения	
	ГА3-3302	АТС аренд. $q = 1,5$ т
Выработка АТС в тоннах Q , т	3,75	3,75
Выработка АТС в тонно-километрах P , т·км	3,4	3,40
Общий пробег АТС $L_{общ}$, км	12,8	6,90
Время фактическое в наряде $T_{нф}$, ч	1,0	0,80

Расчёт затрат на перевозку грузов собственными АТС согласно [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 и др.], арендованными АТС $q = 1,5$, предоставленным по часовым тарифам, выполнен по формулам (1), (2), (3).

Далее задание основного производства выполнено на развозочно-сборном маршруте [9]. Ограничением организации развозочно-сборного маршрута является время оборота, которое не может превышать время в наряде, равное 8 ч. Разработано 2 варианта оперативного плана перевозки грузов на развозочно-сборном маршруте: собственным АТС ЗиЛ-5301 и арендованным АТС ($q = 3$ т). Рассчитаны ТЭП работы собственного АТС и арендованного АТС при перевозке грузов на развозочно-сборном маршруте (см. рисунок 5). Результаты расчёта ТЭП работы АТС при $L_{r1} = 1$ км представлены в таблице 7.

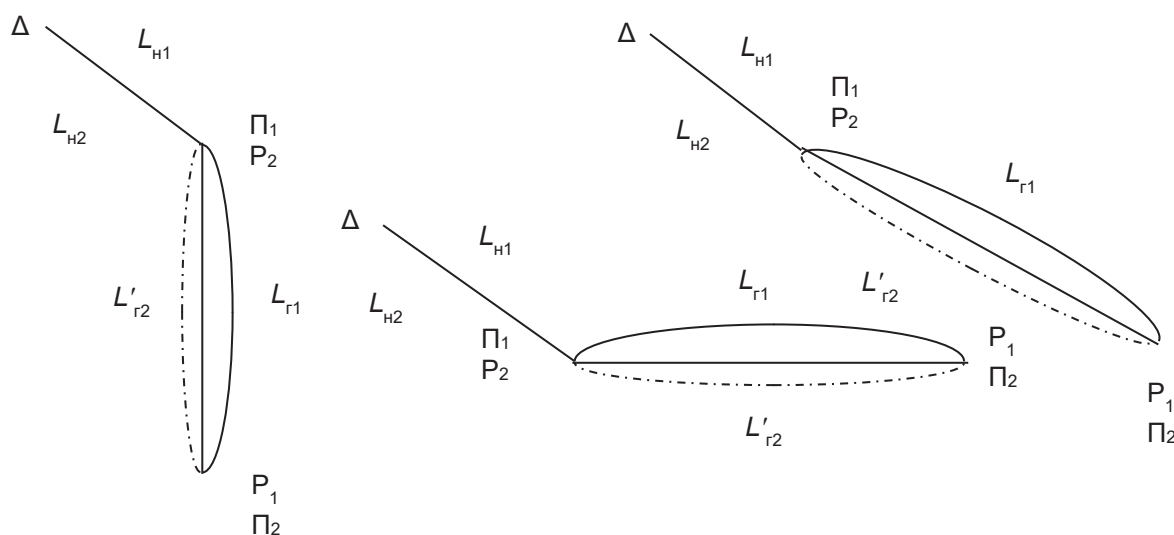


Рисунок 4 – Разработанные варианты перевозок на маятниковых маршрутах с обратным гружёным пробегом, но разной загрузкой и нулевые пробеги
Figure 4 – Developed variants of transport on pendulum routes with reverse loaded run, but with different loading and zero runs

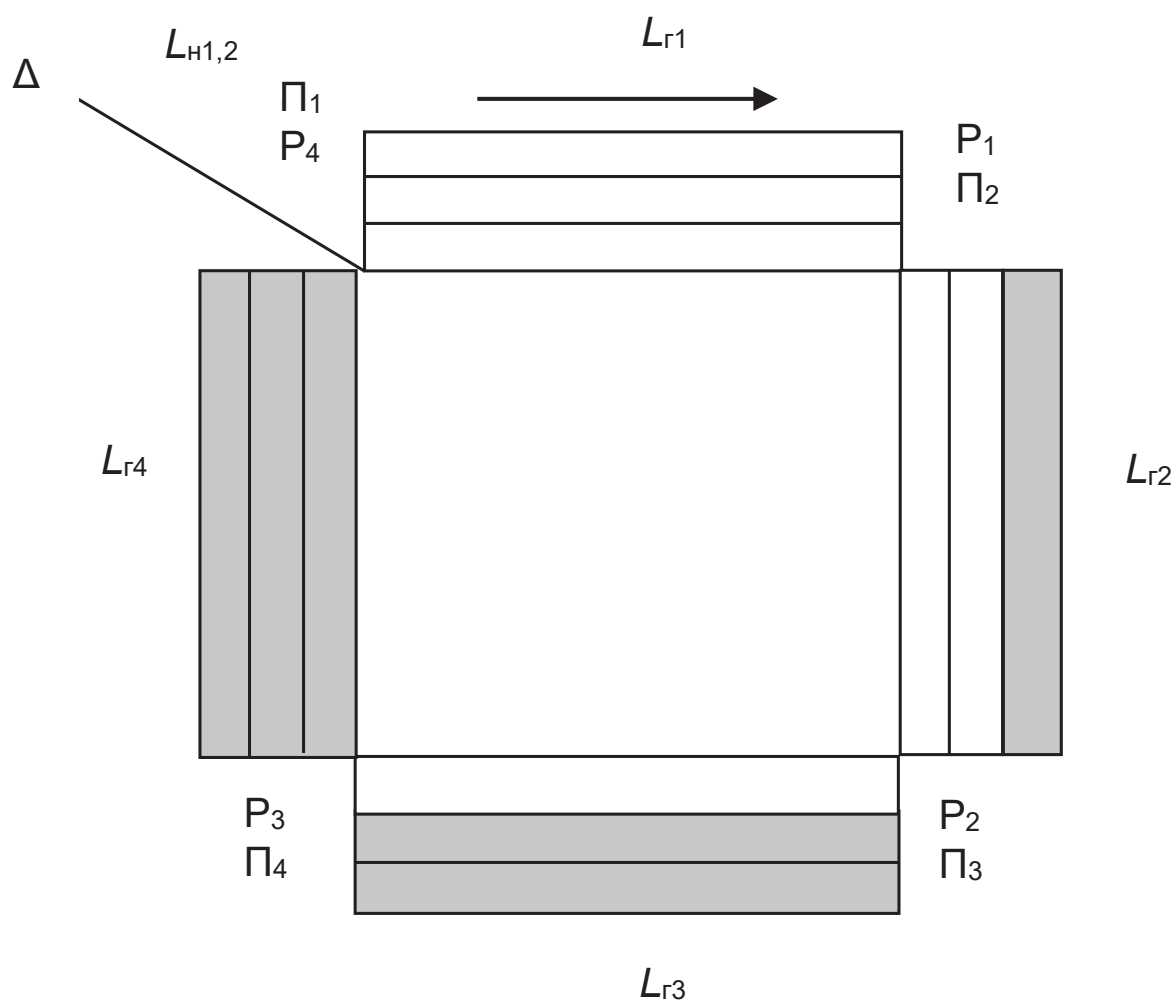


Рисунок 5 – Разработанный вариант перевозок на развозочно-сборном маршруте и нулевые пробеги
Figure 5 – The developed version of transportation on the route-collection and zero runs

Таблица 7
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА ТЭП РАБОТЫ АТС
ПРИ $L_{r1} = 1$ КМ
Table 7
RESULTS OF APP TYPE CALCULATION
OF OPERATION AT $LH1 = 1$ КМ

Показатели	Значения	
	Зил-5301	АТС аренд. q $= 3$ т
Время оборота t_o , ч	1,0	3,0
Выработка АТС в тонно-километрах P , т·км	3,0	3,0
Общий пробег АТС $L_{общ}$, км	5,0	3,0
Время фактическое в наряде $T_{нф}$, ч	1,0	0,9

Аналогичные расчёты выполнены для других значений L_r до 59 км с шагом в 1 км, расчёт при L_r равном 60 км, показал невозможность организации развозочно-сборного маршрута по вышеприведенному ограничению. Фрагмент результатов расчётов затрат на перевозку грузов и R_3 представлен в таблице 8.

После расчёта затрат на перевозку грузов для всех вариантов оперативного плана определены численные значения R_3 для каждого расстояния перевозок грузов от 1 до 60 км, по результатам которого на основе регрессионного анализа [18, 19, 20 и др.] установлена функциональная зависимость R_3 от L , при $L = L_{r1}$ (см. рисунок 6), уравнение которой имеет вид

$$R = 50,22L + 1881,8 \tag{5}$$

Таблица 8
ФРАГМЕНТ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЁТОВ ЗАТРАТ НА ПЕРЕВОЗКУ ГРУЗОВ И R_3
Table 8
FRAGMENT OF COSTS' RESULTS FOR CARGO TRANSPORTATION AND REE

L_r , км	3, руб.				R_3 , руб.
	Развозочно-сборный маршрут		Маятниковые маршруты		
	Зил-5301	$q = 3$	ГАЗ-3302	$q = 1,5$	
1	798	1 250	2 657	2 610	1 859
2	875	1 250	2 792	2 610	1 917
...	...	...	...	...	...
21	2 184	1 925	4 914	2 899	2 989
22	2 253	19 25	5 025	2 899	3 100
...	...	...	...	...	...

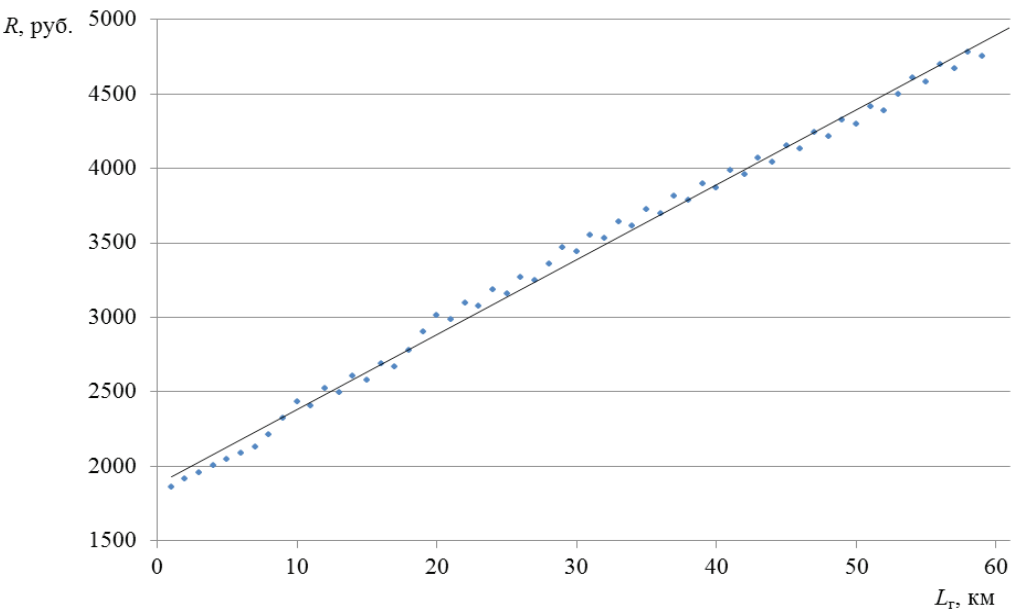


Рисунок 6 – Зависимость R от L , при $L = L_{r1}$
Figure 6 – Dependence of R on L , for $L = L_{g1}$

РЕЗУЛЬТАТЫ

Коэффициент детерминации уравнения (5) $R^2 = 0,9943$. Максимальная относительная ошибка уравнения (5) составляет 5%, что позволяет утверждать, что регрессионная зависимость $R_3 = f(L)$, при $L = L_{г1} = 1; 2; \dots; 60$ км адекватно описывает исследуемый процесс оперативного планирования.

Подтверждена возможность повышения эффективности перевозок собственных грузов предприятий в городах в рамках оперативного планирования независимо от расстояния перевозок.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе совершенствование оперативного планирования перевозок собственных грузов предприятий мелкими отправками достигается за счет единовременной разработки нескольких вариантов плана и выбором из них наименее затратного по предложенному критерию.

При перевозке бестарных грузов подлежат разработке и сравнению варианты плана перевозок на маятниковых с обратным негруженным пробегом (отдельно собственными АТС и отдельно арендованными АТС одной грузоподъемности) и на развозочном (отдельно собственными АТС и отдельно арендованными АТС одной грузоподъемности) маршрутах.

При перевозке тарных грузов подлежат разработке и сравнению варианты плана перевозок на маятниковых с обратным груженным пробегом, но разной загрузкой (отдельно собственными АТС и отдельно арендованными АТС одной грузоподъемности) и на развозочно-сборном (отдельно собственными АТС и отдельно арендованными АТС одной грузоподъемности) маршрутах.

Влияние расстояния на критерий эффективности перевозок собственных грузов предприятий АТС необщего пользования описывается полиномиальными регрессионными зависимостями. Высокий коэффициент детерминации установленных уравнений говорит об их хорошей описывающей способности, максимальная ошибка аппроксимации менее 15%. Это позволяет утверждать, что установленные регрессионные зависимости с доверительной вероятностью 0,95 адекватны исследуемому процессу оперативного планирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курганов В.М. Макроэкономическая оценка транспортного потенциала. Законы логистики и статистические

закономерности : монография. Тверь : Твер. гос. ун-т, 2013. 68 с.

2. Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки : учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведений : 5-е изд., испр. М. : Издательский центр «Академия», 2008. 288 с.

3. Николин В.И. Автотранспортный процесс и оптимизация его элементов. – М. : Транспорт, 1990. 91 с.

4. Николин В.И. Научные основы совершенствования теории грузовых автомобильных перевозок : дис. д-ра техн. наук. – Москва. 2000. 343 с.

5. Шафиркин Б.И. Повышение эффективности грузовых перевозок транспортной системы СССР. М. : «Транспорт», 1978. 240 с.

6. Николин В.И., Витвицкий Е.Е., Мочалин С.М. Грузовые автомобильные перевозки : монография. Омск : Вариант-Сибирь, 2004. 479 с.

7. Александров Л.А., Малышев А.И., Кожин А.П., Володин Е.П. и др. Организация и планирование грузовых автомобильных перевозок : под ред. Л.А. Александрова. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Высшая школа, 1986. 336 с.

8. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки. 2-е изд., перераб. и доп. Киев : Вища школа, 1986. 447 с.

9. Витвицкий Е.Е. Развозочно-сборные автотранспортные системы перевозки грузов : монография. Омск : Изд-во «Вариант-Сибирь», 2003. 274 с.

10. Инструкция по составу, учету и калькулированию затрат, включаемых в себестоимость перевозок (работ, услуг) предприятий автомобильного транспорта (утв. Минтрансом РФ 29.08.1995) [Электронный ресурс] // Справочная правовая система Консультант плюс. Москва. 1995.

11. РД 3112199-1085-02. Временные нормы эксплуатационного пробега шин автотранспортных средств (утв. Минтрансом РФ 04.04.2002) (вместе с «Классификацией автотранспортных средств»). (с изм. от 07.12.2006). Введ. 2002.04.04. М. : Изд-во стандартов, 2004. 20 с.

12. Региональное соглашение о минимальной заработной плате в Омской области между Правительством Омской области, Территориальным общественным объединением «Федерация омских профсоюзов» и Региональным объединением работодателей Омской области № 113-РС. от 25 декабря 2014 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.omskportal.ru.

13. О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы : Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 № 1 (ред. от 06.07.2015). [Электронный ресурс] // Справочная правовая система Консультант плюс. Москва. 2015.

14. О предельных размерах платы за проведение технического осмотра транспортных средств на территории Омской области в 2015 году : Постановление Правительства Омской области от 21 января 2015 года № 10-П. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.omskportal.ru.

15. Единые нормы времени на перевозку грузов автомобильным транспортом и сдельных расценок для оплаты труда водителей. М. : Экономика, 1988. 41 с.

16. Онлайн калькулятор страховки ОСАГО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ingos.ru/ru/private/auto/osago/calc/>.

17. Толебаева А.Х., Витвицкий Е.Е., Войтенков С.С. А.с. 21757 ОФЭРНИО Электронный ресурс «Ресурсосбережение в оперативном планировании перевозок грузов мелкими отправками автотранспортным средством в городах» // Свидетельство о регистрации электронного ресурса объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование». заявл. 22.03.16. опубл. 04.04.16.

18. Гладкий А.А., Чиртик А.А. Excel. Трюки и эффекты. СПб. : Питер, 2006. 368 с.

19. Толебаева А.Х. Установление зависимостей влия-

ния расстояния перевозок грузов на процесс и результаты ресурсосбережения в оперативном планировании перевозок грузов «для собственных нужд»: отчет о НИР / сост.: Е.Е. Витвицкий, А.Х. Толебаева. Омск : СибАДИ, 2016. 31 с.

20. Толебаева А.Х., Витвицкий Е.Е. Методы ресурсос-

бережения в автотранспортном комплексе при перевозке грузов «для собственных нужд» в городах : монография. Омск : СибАДИ, 2016.

21. Саати Т.Л., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. пер. с англ. М. : «Радио и связь», 1991. 224 с.

OPERATIONAL PLANNING IMPROVEMENT OF ENTERPRISES GOODS' CARRIAGE BY SMALL SHIPMENTS IN THE CITIES

A.Kh. Tolebayeva, E.E. Vitvitskiy

ABSTRACT

Introduction. The aspects of improving the transportation efficiency of the enterprises' goods by the small shipments in the cities in the operational planning phase are viewed in the article. The practice necessity in all aspects of operational planning, taking into account the features of the private cargo companies' modern transport and the state of the economy, determines the research relevance in this sphere.

Materials and methods. The article discusses the goods' carriage alternatives in small consignments by several technological ways at the planning stage, i.e. the development of several possible plan variants. The considered options of the goods' transportation, such as the simple pendulum route and more complex routes using their own vehicles and rented vehicles provided on an hourly rate are presented.

Results. The efficiency criterion of the cargo transportation, which is expressed in the maximum difference between the cost of the goods' transportation on the pendulum with the reverse and not loaded route by own enterprises' PBX and other ways of ATS and the cost of freight for all plan versions is proposed.

Conclusion. The fitted regression based on the efficiency criterion of the cargo transportation distance in the range of 1 to 60 km is arranged and the objectives adequacy of the operational planning process is made in the research.

KEYWORDS: private cargo companies; efficiency criterion; transportation operational planning; delivery route; delivery-modular route; private vehicle; rented vehicle.

REFERENCES

1. Kurganov V.M. Makroekonomicheskaya ocenka transportnogo potenciala. Zakony logistiki i statisticheskie zakonomernosti [Macroeconomic evaluation of transport capacity. The law of logistics and statistical regularities]. Tver. Tver. state University, 2013. 68 p.

2. Gorev A.E. Gruzovye avtomobilnye perevozki [Freight automobile transportation]. Moscow, Publishing center "Academy", 2008. 288 p.

3. Nikolin V.I. Avtotransportnyy process i optimizatsiya ego ehlementov [Transportation process and optimization of its elements]. Moscow, Transport, 1990. 91p.

4. Nikolin V.I. Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya teorii gruzovyh avtomobil'nyh perevozok [Scientific bases of perfection of the theory of road freight transport]. Moscow, 2000. 343 p.

5. SHafirkin B.I. Povyshenie ehffektivnosti gruzovyh perevozok transportnoj sistemy SSSR [Improvement of the freight transportation system of the USSR]. Moscow, Transport, 1978. 240 p.

6. Nikolin V.I., Vitvitskiy E.E., Mochalin S.M. Gruzovye avtomobil'nye perevozki [Freight automobile transportation]. Omsk, Option-Siberia, 2004. 479 p.

7. Aleksandrov L.A., Malyshev A.I., Kozhin A.P., Volodin E.P. and others. Organizatsiya i planirovanie gruzovyh avtomobil'nyh perevozok [Organization and planning of freight automobile transportation]. Moscow, Higher school, 1986. 336 p.

8. Vorkut A.I. Gruzovye avtomobil'nye perevozki [Freight

transport by road]. Kiev, Higher school, 1986 447 p.

9. Vitvitskiy E.E. Razvozhno-sbornye avtotransportnye sistemy perevozki gruzov [Delivery-national road transport system for the carriage of goods] Omsk, Publishing house "Option-Siberia", 2003. 274 p.

10. Instrukciya po sostavu, uchetu i kal'kulirovaniyu zatrat, vkluchaemyh v sebestoimost' perevozok (rabot, uslug) predpriyatij avtomobil'nogo transporta [Instruction in composition, recording and calculation of the expenses included in the cost of transportation (works, services) of the enterprises of motor transport], Electronic resource, Reference legal system Consultant plus. Moscow. 1995.

11. RD 3112199-1085-02. Vremennye normy ehkspluatatsionnogo probega shiin avtotransportnyh sredstv (utv. Mintransom RF 04.04.2002) (vmeste s «Klassifikatsiej avtotransportnyh sredstv»). (s izm. ot 07.12.2006). Vved. 2002.04.04 [Temporary rules operating mileage of tyres of motor vehicles (app. The Ministry of transport of the Russian Federation 04.04.2002) (with "Classification of vehicles"). (Rev. from 07.12.2006)], Moscow, Publishing house of standards, 2004. 20 p.

12. Regional'noe soglasenie o minimal'noj zarabotnoj plate v Omskoj oblasti mezhdru Pravitel'stvom Omskoj oblasti, Territorial'nym obshchestvennym ob'edineniem "Federatsiya omskih profsoyuzov" i Regional'nym ob'edineniem rabotodatelej Omskoj oblasti no. 113-RS. ot 25 dekabrya 2014 goda [a Regional agreement on minimum wage in the Omsk region between the government of the Omsk region, Territorial public Association «Federation of Omsk trade unions» and Regional Association of employers of the Omsk region № 113-RS. 25

14. О предельных размерах платы за проведение технического осмотра транспортных средств на территории Омской области в 2015 году. Постановление Правительсва Омской области от 21 января 2015 года no. 10-П [On the limiting sizes of a payment for carrying out technical inspection of vehicles on the territory of Omsk region in 2015. Resolution of the government of Omsk region from 21 Jan 2015 No. 10 P]. Electronic resource. Mode of access: www.omskportal.ru.

15. Edinye normy vremeni na perevozku gruzov avtomobil'ny'm transportom i sdel'nyh raschenok dlya oplaty truda voditelej [Single standard time for the carriage of goods by road and piece rates to pay drivers]. Moscow, Economics, 1988. 41 p.

16. Onlajn kal'kulyator strahovki OSAGO [Online calculator insurance CTP] [Electronic resource], Mode of access: <http://www.ingos.ru/ru/private/auto/osago/calc/>.

17. Tolebayeva A.K., Vitvitsky E.E., Voitenkov S.S. A.s. 21757 OFEHRNiO EHeKtponHbI resurs "Resursosbezhe-
nie v operativnom planirovaniI perevozok gruzov melkimi
otpravkami avtotransportnym sredstvom v gorodah" [In
The Resource in the operational planning of cargo transportation
in small consignments of vehicles in cities], Appl. 22.03.16;
publ. 04.04.16.

18. Gladkij A.A. Excel. Tryuki i ehffekty [Excel. Stunts and effects]. Saint-Petersburg, Peter, 2006. 368 p

19. Tolebaeva A.H., Vitvickij E.E., Ustanovlenie zavisimostej vliyaniya rasstoyaniya perevozok gruzov na process i rezul'taty resursosberezheniya v operativnom planirovanii perevozok gruzov "dlya sobstvennykh nuzhd" [The Establishment of relationships between the distances of cargo transportation on the process and results of resource saving in the operational planning of cargo transportation "for their own purposes" research reports]. Omsk, SibADI, 2016. 31 p.

20. A.H. Tolebaeva, E.E. Vitvickiy Metody resursosberezheniya v avtotransportnom komplekse pri perevozke грузов "dlya sobstvennykh nuzhd" v gorodakh [Methods of resource saving in automobile transport sector for the carriage of goods "for own use" in the cities]. Omsk. SibADI. 2016.

21. Saati T.L. Analiticheskoe planirovanie. Organizatsiya

system [Analytical planning. The organization systems]. Moscow, Radio and communication, 1991. 224 p.

Поступила 26.12.2017, принята к публикации
15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Толбаева Адлет Хаиргельдиновна (г. Петропавловск, Казахстан) – магистр, менеджер по логистике АО «Полиграфия» (e-mail: arabesky_a@mail.ru).

Adlet Kh. Tolebayeva (Petrovsk, Kazakhstan) – Magister, Logistics Manager at JSC “Printing” (e-mail: arabesky_a@mail.ru).

Витвицкий Евгений Евгеньевич (г. Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «ОПИУТ», ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5, тел.: (3812) 65-37-04, e-mail: kaf.oput@sibadi.org).

Eugenie E. Vitvitskiy (Omsk, Russia) – Dr. Sci. Sciences, Professor, Head of Department “Organization of transportation and transport management”, Federal State Institution of Higher Education “Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI)” (644080, Omsk, ave Mira, 5, tel.: 8 (3812) 65-37-04, e-mail: kaf_oput@sibadi.org).

Толебаева А.Х. Осуществление сбора и обработки материала по теме исследования, проведения расчетов, подготовки статьи к опубликованию.

Витвицкий Е.Е. Осуществление научного руководства, подбора источников, участия в написании статьи.

РАЗДЕЛ III.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 624.046

УЧЕТ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОСТОЯННЫХ НАГРУЗОК ПРИ РАСЧЕТЕ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Ю.В. Краснощеков
ФГБОУ ВО «СиБАДИ», г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье приведены результаты исследования факторов, определяющих значения коэффициентов надежности постоянной нагрузки от собственного веса конструкций при расчете зданий и мостов методом предельных состояний.

Материалы и методы. Выявлено, что из-за недостатка опытных данных влияние изменчивости каждого отдельного фактора – плотности материала и конструктивных размеров – на величину коэффициентов надежности постоянной нагрузки до сих пор не определено. Проверочными расчетами установлено, что значения коэффициентов надежности постоянной нагрузки от собственного веса конструкций определяются в основном задаваемой надежностью и допускаемой изменчивостью размеров конструкции.

Результаты. Применение вероятностного подхода к оценке коэффициентов надежности по нагрузке позволяет обоснованно назначать и снижать расчетные значения постоянных нагрузок. При применении вероятностного метода суммирования дисперсий коэффициент надежности по нагрузкам для собственного веса многослойных конструкций мостовых покрытий снижается до 10%.

Обсуждение и заключение. Коэффициент вариации собственного веса многослойных конструкций зависит от контроля при их изготовлении и эксплуатации, при налаженном контроле коэффициент надежности по нагрузкам для собственного веса многослойных конструкций можно значительно снижать. С целью повышения надежности мостов и ввиду большой изменчивости собственного веса элементов дорожного покрытия, особенно асфальтобетонных слоев, их нормативные значения рекомендуется назначать с повышенной обеспеченностью.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: надежность сооружений, постоянная нагрузка, собственный вес конструкций, изменчивость параметров, коэффициент надежности, многослойная конструкция, вероятностный метод расчета.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Значения коэффициентов надежности постоянной нагрузки от собственного веса конструкций определяются в основном задаваемой надежностью и допускаемой изменчивостью размеров конструкции.

2. Для определения коэффициентов надежности постоянной нагрузки от веса многослойных конструкций эффективен способ суммирования дисперсий.

3. Большая изменчивость размеров элементов покрытия мостов требует установления нормативных значений собственного веса с повышенной обеспеченностью.

ВВЕДЕНИЕ

Надежность зданий и сооружений зависит от точности прогнозирования на период эксплуатации проектных нагрузок и воздействий. В любых расчетных ситуациях присутствуют постоянные нагрузки, доля которых в общей совокупности может быть весьма значительной, особенно при расчете на аварийные воздействия, когда кратковременные нагрузки не учитываются [1, 2, 3, 4, 5].

К постоянным нагрузкам относят фиксированные (т.е. привязанные к конкретному месту) воздействия от собственного веса конструкций, давления воды и грунта, стаци-

онарного оборудования, дорожного покрытия и некоторые другие воздействия, неизменные или мало изменяющиеся в течение всего срока службы сооружения. Нормы проектирования ориентированы на вероятностную оценку постоянных нагрузок. В частности, результаты измерений свидетельствуют о возможности представления случайной нагрузки от собственного веса конструкций нормальным законом распределения. Такая модель рекомендуется Объединенным комитетом по надежности конструкций (JCSS) для упрощения расчетов и обоснования безопасности зданий и сооружений [6].

Изменчивость (вариативность) нагрузки от собственного веса конструкций обусловлена изменчивостью плотности (удельного веса) строительных материалов и отклонением геометрических размеров конструктивных элементов от номинальных значений [7, 8, 9, 10]. Коэффициент вариации нагрузки от собственного веса несущих конструкций составляет 0,05 – 0,1 [9].

Для конструкций заводского изготовления нормативное значение собственного веса определяется на основании стандартов, рабочих чертежей или паспортных данных, а для других конструкций и материалов (в том числе грунтов) – по проектным (номинальным) размерам и характеристикам плотности с учётом состояния (например, влажности) в условиях возведения и эксплуатации сооружения. Следует учитывать также, что проектные допуски часто не выдерживаются и собственный вес конструкций может превышать проектный на 20 – 30% [11].

Отклонения расчётных значений постоянной нагрузки от нормативных значений учитываются коэффициентами надёжности по нагрузке γ_f . Значения коэффициентов перегрузки для зданий, установленные российскими нормами (СНиП «Нагрузки и воздействия») к каждому виду постоянной нагрузки, находятся в пределах $\gamma_f = 1,05 – 1,3$. В нормах проектирования мостов и труб (СНиП «Мосты и трубы») применяют другие значения коэффициентов перегрузки $\gamma_f = 1,1 – 1,5$ (в редакции 1984 г. для покрытий городских мостов даже $\gamma_f = 2,0$), несмотря на то, что для различных сооружений применяются материалы с одинаковым собственным весом. Например, для конструкций зданий из бетона со средней плотностью свыше 1600 кг/м³ $\gamma_f = 1,1$, а для бетонных элементов пролетных строений мостов $\gamma_f = 1,3$. Проще всего объяснить различие значений коэффициентов надёжности по на-

грузке требованиями повышенной ответственности мостов, однако для этого существуют специальные коэффициенты надёжности по ответственности сооружений. Надёжность несущих конструкций как зданий, так и мостов обеспечивается расчетом по полувероятностному методу предельных состояний согласно ГОСТ 27751, в котором установлены значения таких коэффициентов. Тем более что в нормах проектирования отдельных типов сооружений (мостов, резервуаров и других) допускается устанавливать иные классы соответствующих сооружений и соответствующие значения коэффициентов надёжности.

Цель данного исследования заключается в обосновании численных значений коэффициентов надёжности нагрузки от собственного веса, применяемых при проектировании различных сооружений. Необходимость детального изучения этого вопроса вызвана также тем, что по мере накопления характеристик случайных величин осуществляется постепенный переход к вероятностным методам расчета. Об этом свидетельствуют принципы нормирования воздействий и свойств материалов, принятые в европейских нормах проектирования конструкций различных сооружений (EN 1990). В настоящее время характеристики случайных величин для вероятностных расчетов пытаются получить из анализа коэффициентов надёжности, численные значения которых подтверждены длительной и безопасной эксплуатацией различных сооружений, и допусков на размеры конструкций, указанных действующими нормативными документами. Кстати, еще в 1983 г. проф. Лужин О.В. отмечал, что коэффициенты перегрузки характеризуют стандарты нагрузок, но возражал против термина «определяют стандарты», пока не введены в рассмотрение соответствующие законы распределения нагрузок [12]. В настоящее время существуют рекомендации ГОСТ Р 2394 – 2016 о возможности осторожного применения тех или иных законов распределения, в том числе закона нормального распределения для постоянных нагрузок. Однако, даже допуская применение определенных законов распределения, не всегда удается оценить вероятностные характеристики по нормативным источникам, поэтому исследования надёжности конструкций сооружений и принципов нормирования надёжности всегда актуальны. В значительной степени это относится к конструкциям мостов, при проектировании которых применяются повышенные значения коэффициентов надёжности [13, 14].

К сожалению, международный стандарт ГОСТ Р 2394 – 2016, представляющий собой общую основу для определения правил проектирования, относящихся к строительству и эксплуатации большинства зданий и инженерных сооружений широкого назначения, независимо от применяемых материалов или их сочетаний, не дает конкретного ответа на поставленные вопросы. Мало того, согласно этому стандарту, изменчивость большинства геометрических размеров можно считать малой или незначительной по сравнению с изменчивостью воздействий. Такие геометрические размеры следует принимать как неслучайные (постоянные), что должно быть отражено в проекте. Не означает ли это, что изменчивость геометрических размеров может не учитываться коэффициентами надежности по нагрузке? В то же время в этом документе отмечено, что надежность сооружений рассматривается как всеобъемлющее понятие, включающее в себя взаимно зависимые модели для описания воздействий, правила проектирования, элементы надежности, реакции и сопротивление конструктивных элементов, квалификацию исполнителей, процедуры контроля качества и национальные требования. Изменение даже одного отдельно взятого коэффициента может нарушить общий уровень надежности сооружения, поэтому важно знать влияние каждого фактора, учитываемого в структуре коэффициентов надежности на его величину.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Вероятностная модель коэффициента надежности постоянной нагрузки.

Практически любые постоянные нагрузки целесообразно рассматривать в виде случайных величин $\tilde{g}$, эквивалентных равномерно распределённым нагрузкам. При распределении $\tilde{g}$ по нормальному закону расчетное значение q постоянной нагрузки с обеспеченностью, характеризуемой параметром (индексом надежности) β , можно представить в зависимости от среднего значения $\bar{g}$ и стандартного отклонения s_g или коэффициента вариации v_g

$$g = \bar{g} + \beta s_g = \bar{g}(1 + \beta v_g). \quad (1)$$

В методе предельных состояний расчетные g и нормативные g_n значения, каждое из которых определяется функцией (1) с соответствующими значениями β и β_n , связаны между собой коэффициентом надежности по нагрузке γ_f зависимостью $g = \gamma_f g_n$.

Из отношения g и g_n получено выражение для коэффициента надежности постоянной нагрузки, которое можно рассматривать в качестве модели для вероятностных расчетов

$$\gamma_f = \frac{1 + \beta v_g}{1 + \beta_n v_g}. \quad (2)$$

Таким образом, детерминированные величины коэффициентов γ_f , представленные в нормах проектирования, определяются разными условиями формирования и зависят от изменчивости постоянных нагрузок v_g и параметра вероятностной обеспеченности β . Однако величины v_g и β действующими нормами не регламентируются, а определить их значения, необходимые для расчетов на надежность, только по величине γ_f невозможно.

Известно, что нормативные значения большинства постоянных нагрузок на перекрытия g_n обычно равны математическим ожиданиям $\bar{g}$, а обеспеченность расчётных значений g считается весьма высокой и соответствует вероятности $P(\tilde{g} < g) = 0,998\ 65$, если принять $\beta = 3$.

В этом случае $\beta_n = 0$ и выражение (2) упрощается

$$\gamma_f = 1 + \beta v_g. \quad (3)$$

Отсюда можно определить коэффициенты вариации v_g , характеризующие изменчивость постоянных нагрузок при разных значениях коэффициентов надежности γ_f . Так, для зданий при $\gamma_f = 1,1$ максимальный коэффициент вариации собственного веса бетонных конструкций $v_g = 0,033$, а для элементов мостов $v_g = 0,1$. По величине коэффициента вариации обычно судят о качестве материалов, получается, что при проектировании и строительстве зданий требования к качеству в 3 раза превышают соответствующие требования к мостам. Это противоречит общепринятым утверждениям о повышенной надежности мостов.

Существуют вероятностные модели плотности и размеров, которые определяют вероятностную модель нагрузки от собственного веса конструкции.

Плотность представляется в виде суммы номинального значения ρ_{nom} и отклонения $\Delta\rho$ от ρ_{nom}

$$\rho = \rho_{nom} + \Delta\rho. \quad (4)$$

Величина $\Delta\rho$ также представляется в виде суммы систематических $\Delta\rho_s$ и случайных $\tilde{\Delta\rho}$ отклонений:

$$\Delta\rho = \Delta\rho_s + \tilde{\Delta\rho}. \quad (5)$$

Изменчивость плотности зависит от многих факторов, среди которых основными являются структура и физико-технические свойства. Для некоторых материалов имеется статистическое соответствие между математическими ожиданиями плотности и прочности. В таблице 1 приведены данные изменчивости плотности некоторых материалов [6].

Таблица 1
СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТЫ
ВАРИАЦИИ ПЛОТНОСТИ НЕКОТОРЫХ МАТЕРИАЛОВ
Table 1
AVERAGE VALUES AND DENSITY VARIATION
COEFFICIENTS OF SOME MATERIALS

Материал	Среднее значение, кг/м³	Коэффициент вариации
Сталь	7700	< 0,01
Тяжелый бетон	2400	0,01 – 0,04
Высокопрочный бетон	2400 – 2600	0,03
Легкий бетон		0,04 – 0,08
Ячеистый бетон		0,05 – 0,1
Кирпичная кладка		0,05
Древесина	440 – 680	0,1

В России показатели статистической изменчивости плотности материалов не нормируются. Однако по нормам проектирования бетонных и железобетонных конструкций средняя плотность тяжелого бетона варьируется от 2 200 кг/м³ до 2 500 кг/м³ при рекомендуемом значении 2 400 кг/м³. Согласно ГОСТ 26 633 диапазон допускаемых значений средней плотности тяжелого и мелкозернистого бетона от 2 000 кг/м³ до 2 500 кг/м³ соответствует коэффициенту вариации 0,04 при $\beta = 3$, а значение 2 400 кг/м³ обеспеченно на 95%.

По аналогии с плотностью размеры (линейные, поверхностные или объёмные) конструктивных элементов также представляются в виде суммы

$$a = a_{\text{ном}} \pm \Delta a, \quad (6)$$

где $a_{\text{ном}}$ – номинальный размер согласно чертежам.

При назначении Δa учитывается возможность неблагоприятных отклонений от нормативных или номинальных значений, а также эффект одновременной реализации нескольких геометрических отклонений. Параметр a может описывать геометрические дефекты (при этом $a_{\text{ном}} = 0$) [15].

В большинстве случаев номинальные значения соответствуют средним размерам. Различают два типа отклонений от среднего значения геометрических размеров: начальные (не зависящие от времени) отклонения в результате изготовления и монтажа, а также отклонения, зависящие от времени в результате нагружения или действия других факторов. Начальные отклонения могут быть описаны случайной переменной, а зависящие от времени отклонения считаются систематическими.

Отклонения от средних размеров в общем случае представляют в виде

$$\Delta\hat{a} = \overline{\Delta a} + \tilde{a}_1 + \tilde{a}_2 + \tilde{a}_3, \quad (7)$$

где $\overline{\Delta a}$ – математическое ожидание по генеральной совокупности (по всем партиям) элементов; $\tilde{a}_1, \tilde{a}_2$ и $\tilde{a}_3$ – случайные величины (функции), характеризующие соответственно межпартионную, внутрипартионную и внутриэлементную изменчивость (при математических ожиданиях $\tilde{a}_1 = \tilde{a}_2 = \tilde{a}_3 = 0$).

Значения отклонений размеров зависят от принятой системы допусков. На рисунке 1 представлена функция распределения вероятности размера a при ширине допуска $2\Delta a$ при предельном отклонении $\Delta a = 1,645s_a$, соответствующим вероятности 0,05. Вместо коэффициента 1,645 могут быть выбраны иные значения. По правилу «трех сигм» принимается коэффициент, равный 3.

Для оценки веса конструкций необходимо знать характеристики изменчивости толщины (высоты поперечного сечения) конструктивных элементов. Например, нормами проектирования и строительства зданий и сооружений СП 70.1330 (кроме мостов и некоторых других) установлен допуск на размер поперечного сечения + 6 мм (при толщине до 200 мм), который контролируется при приеме в эксплуатацию монолитных бетонных и железобетонных конструкций. Нормами проектирования дорог СП 78.13330 установлены допускаемые отклонения от проекта толщины бетонных слоев дорожных одежд $\pm 5 - 10\%$ (в зависимости от уровня контроля) без привязки к номинальной толщине слоя. Заметим, что нормируются не стандартные отклонения или коэффициенты вариации, которые необходимы для вероятностных расчетов, а максимальные отклонения от проектных значений.

Пренебрегая изменчивостью плотности бетона, используем для анализа влияния случайной изменчивости размеров на изменчивость нагрузки от собственного веса формулу (3) при номинальной толщине конструкции

$a = 3$ см, соответствующей размеру выравнивающего слоя дорожной одежды. В конструкциях зданий допустимое увеличение толщины на $\Delta a = \beta s_a = 6$ мм соответствует произведению $\beta v_a = 0,2$ и коэффициенту перегрузки $\gamma_f = 1,2 < 1,3$. На мостах при увеличении толщины на $\beta s_a = 3$ мм произведение $\beta v_a = 0,1$ и коэффициент перегрузки $\gamma_f = 1,1 < 1,3$. При по-вышенном контроле коэффициент перегрузки $\gamma_f = 1,05$. Численным значениям произведений βv_a соответствуют разные комбинации параметров β и v_a , но как в том, так и в другом случае при реальных допусках размеров очевидны несоответствия полученных результатов и нормативных значений коэффициентов перегрузки.

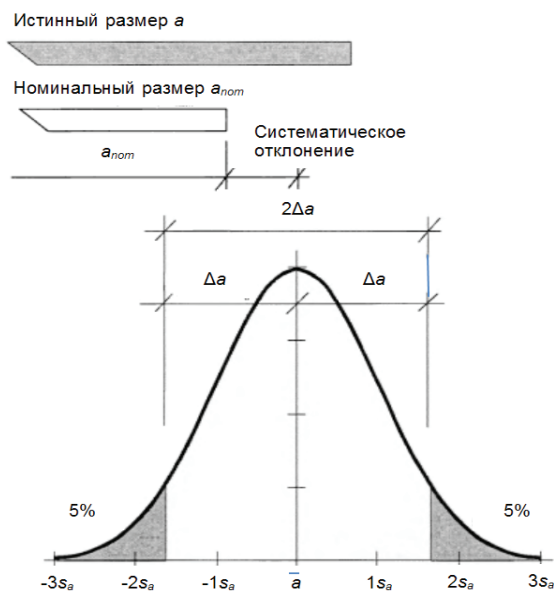


Рисунок 1 – Характеристики размера a
Figure 1 – A size characteristics

Считается, что так как случайные величины плотности и размеров распределяются по закону, близкому к нормальному, то при их независимости дисперсия нагрузки от собственного веса определяется по формуле

$$s_g^2 = s_p^2 + s_a^2. \quad (8)$$

или в коэффициентах вариации

$$v_g^2 = v_p^2 + v_a^2. \quad (9)$$

Предположим, что в рассмотренном выше примере учтено влияние изменчивости плотности бетона. По формулам (3) и (9) можно

определить допустимое значение изменчивости плотности $v_p = [(v_f - 1)^2 - \beta^2 v_a^2]^{1/2} / \beta$. При $v_f = 1,3$, $\beta = 3$ и значениях βv_a , полученных выше, допустимые значения коэффициентов вариации плотности бетона для зданий $v_p = 0,07$, а для мостов $v_p = 0,09$ значительно пре-вышают значения, указанные в таблице 1.

Таким образом, коэффициенты надежности собственного веса бетонных конструкций в нормах проектирования зданий и мостов практически не зависят от изменчивости плотности материала и проектных допусков на размеры, а характеризуются в основном параметрами β и v_a .

Установлено, что изменчивость собственного веса конструкций незначительна, а коэффициент вариации v_g мал, поэтому нормативное (характеристическое) значение веса конструкций обычно рассматривается как среднее значение статистического распределения, которое можно считать нормальным. Но при $V_g \geq 0,1$ согласно европейским нормам изменчивость считается существенной [16].

По европейским нормам, если собственный вес может изменяться со временем, следует учитывать его большее (верхнее) $g_{sup} = \bar{g} (1 + 1,64 v_g)$ и меньшее (нижнее) $g_{inf} = \bar{g} (1 - 1,64 v_g)$ характеристическое значение, соответствующее 95%-ной и 5%-ной квантилям нормального распределения (см. рисунок 2). Эта особенность относится к собственному весу элементов с относительно большой изменчивостью (гидроизоляция, штукатурка и т.п.) при коэффициенте вариации в течение расчетного срока эксплуатации более 0,05 – 0,1 [16, 17]. Сюда можно отнести и слои дорожных одежд.

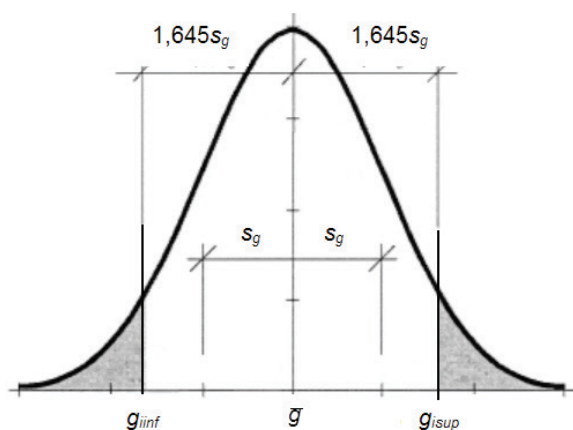


Рисунок 2 – Границы характеристических величин на основе нормального распределения
Figure 2 – Characteristic limits on the basis of normal distribution

В связи с этим учитывается различие между благоприятными и неблагоприятными постоянными воздействиями в отношении рассматриваемого эффекта. Верхнее характеристическое значение обычно соответствует неблагоприятному воздействию, а нижнее – благоприятному воздействию. При определении усилий в статически неопределенных конструктивных системах учет разных характеристических значений постоянных нагрузок зависит от положения временной нагрузки.

Если к собственному весу бетонных элементов мостов применить отмеченную особенность, то по формуле (2) можно уточнить максимальное значение коэффициента вариации для элементов покрытия мостов $v_g = (1,3 - 1)/(3 - 1,3 \cdot 1,645) = 0,348$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изменчивость систем постоянной нагрузки.

При сборе постоянных нагрузок приходится суммировать иногда до десятка отдельных нагрузок, каждая из которых имеет свой статистический разброс [7, 10]. Основной нагрузкой, действующей, например, на перекрытия гражданских зданий, является группа постоянных во времени нагрузок от собственного веса конструкций, веса стационарных перегородок и оборудования. Подобная комбинация нагрузок от собственного веса многослойной конструкции дорожных одежд применяется при проектировании пролетных строений мостов. Суммарная нагрузка включает, как правило, несколько практически независимых составляющих $\bar{g}_i$. Известно, что сумма независимых случайных величин $\bar{g}_i$ стремится к нормальному закону распределения [18].

Так как изменчивость постоянных нагрузок относительно невелика, то точность применения закона нормального распределения к таким нагрузкам возрастает.

Покажем, что при вероятностном расчёте изменчивость суммарной нагрузки по сравнению с поэлементным расчётом уменьшается по мере увеличения числа нагрузок. В действующих нормах это обстоятельство не учитывается, и постоянные нагрузки суммируются без учёта коэффициентов сочетания.

Обобщённый коэффициент перегрузки при традиционном расчёте

$$\tilde{a}_{f0} = \frac{\sum_{i=1}^I \tilde{a}_f g_{fi}}{\sum_{i=1}^I g_{fi}} \quad (10)$$

Для вероятностного расчёта используем основные свойства суммы случайных, корреляционно не связанных величин в виде $\bar{g} = \bar{g}_1 + \bar{g}_2 + \dots + \bar{g}_I$ и $s_g^2 = s_{g1}^2 + s_{g2}^2 + \dots + s_{gI}^2$. Изменчивость (коэффициент вариации) суммарной нагрузки $v_g = \sqrt{s_{g1}^2 + s_{g2}^2 + \dots + s_{gI}^2} / (\bar{g}_1 + \bar{g}_2 + \dots + \bar{g}_I)$.

Уточняя долю каждой нагрузки на перекрытии весовыми коэффициентами $\alpha_i = \bar{g}_i / (\bar{g}_1 + \bar{g}_2 + \dots + \bar{g}_I)$ при $i = 1, 2, \dots, I$, получим выражение для коэффициента вариации суммарной нагрузки в виде

$$v_g = \sqrt{\alpha_1^2 v_{g1}^2 + \alpha_2^2 v_{g2}^2 + \dots + \alpha_I^2 v_{gI}^2}, \quad (11)$$

где α_i – весовые коэффициенты i -х нагрузок.

Выражение для обобщённого коэффициента получаем из формулы (3):

$$\gamma_{f0} = 1 + \beta v_g. \quad (12)$$

При одинаковой обеспеченности β значений всех составляющих и обобщённой нагрузки формулу (12) можно представить в виде

$$\gamma_{f0} = 1 + \sqrt{\alpha_1^2 (\gamma_{f1} - 1)^2 + \alpha_2^2 (\gamma_{f2} - 1)^2 + \dots + \alpha_I^2 (\gamma_{fI} - 1)^2}. \quad (13)$$

Для иллюстрации рассмотрим численный пример. В таблице 2 приведены результаты расчёта постоянных нагрузок, эквивалентных равномерно распределённым нагрузкам на перекрытиях гражданского здания.

Таблица 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНЫХ НАГРУЗОК НА ПЕРЕКРЫТИЯ
Table 2
DETERMINATION OF OVERLAP CALCULATED LOADS

Вид нагрузки	g_{ni} , кПа	γ_{fi}	g_i , кПа
1. Вес плит перекрытия	3	1,1	3,3
2. Вес подготовки под полы из лёгкого бетона	1,5	1,3	1,95
3. Вес пола	1	1,3	1,3
4. Вес перегородок	2	1,2	2,4
Итого	7,5		8,95

Пример 1. Обобщённый коэффициент перегрузки по формуле (10) $\gamma_{f0} = 8,95/7,5 = 1,193$. При $\alpha_1 = 3/7,5 = 0,4$; $\alpha_2 = 1,5/7,5 = 0,2$; $\alpha_3 = 1/7,5 = 0,133$; $\alpha_4 = 2/7,5 = 0,267$ и значениях $v_{gi} = \gamma_{fi}/3$, принятых по формуле (3) при $\beta = 3$, по формуле (11) определяем $v_g = 0,038$. Обобщённый коэффициент перегрузки, вычисленный по формулам (12) или (13), $\gamma_{f0} = 1 + 3 \cdot 0,038 = 1,115$ соответствует расчётной нагрузке $g = 7,5 \cdot 1,115 = 8,36$ кПа, которая на 7% меньше, чем вычисленная традиционным методом $g = 8,95$ кПа.

В таблице 3 приведены результаты расчёта постоянных нагрузок от веса дорожной одежды на пролетном строении автодорожного моста, заимствованные из работы [19], с коэффициентами перегрузки по действующим нормам проектирования.

Пример 2. Обобщённый коэффициент перегрузки по формуле (10) $\gamma_{f0} = 54,4/38,99 = 1,4$. При $\alpha_1 = 7,25/38,99 = 0,186$; $\alpha_2 = 1,73/38,99 = 0,044$; $\alpha_3 = 11,5/38,99 = 0,295$; $\alpha_4 = 18,51/38,99 = 0,475$ и значениях $v_{gi} = \gamma_{fi}/3$, принятых по формуле (3) при $\beta = 3$, по формуле (11) определяем $v_g = 0,087$. Обобщённый коэффициент перегрузки, вычисленный по формулам (12) или (13), $\gamma_{f0} = 1 + 3 \cdot 0,087 = 1,26$ соответствует расчётной нагрузке $g = 38,99 \cdot 1,26 = 49,13$ кПа, которая на 10% меньше, чем вычисленная традиционным методом $g = 54,4$ кПа.

Следует отметить, что статистическая независимость веса частей многослойной кон-

струкции принимается при отсутствии системного контроля толщины дорожной одежды, когда контролируется толщина отдельных слоев и допускается накопление приращений по толщине одежды в целом. При системном контроле накопление приращений ограничивается, поэтому при расчете постоянной нагрузки следует учитывать корреляционную зависимость размеров и веса слоев. Причем данная зависимость имеет отрицательный характер, когда случайному увеличению толщины одного слоя соответствует уменьшение толщины смежного слоя. Такая зависимость возможна, например, при устройстве двухслойного или многослойного покрытия из асфальтобетона. Стандартное отклонение толщины двухслойного покрытия при отрицательном значении коэффициента корреляции k определяется по формуле

$$s_{12} = \sqrt{s_1^2 - 2ks_1s_2 + s_2^2}. \quad (14)$$

Например, толщину двухслойного покрытия из асфальтобетона можно рассматривать как сумму двух случайных величин δ_1 и δ_2 . Согласно теории вероятностей дисперсия суммы двух случайных величин равна сумме их дисперсий плюс удвоенный корреляционный момент [17]

$$s_{12}^2 = s_1^2 + s_2^2 + 2K_{12}. \quad (15)$$

Таблица 3
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНЫХ НАГРУЗОК НА ПРОЛЕТНОЕ СТРОЕНИЕ
Table 3
DETERMINATION OF FLIGHT STRUCTURE CALCULATED LOADS

Вид нагрузки	g_{ni} , кПа	γ_{fi}	g_i , кПа
1. Вес выравнивающего слоя из мелкозернистого бетона $\delta = 3$ см	7,25	1,3	9,43
2. Вес гидроизоляции $\delta = 1$ см	1,73	1,3	2,25
3. Вес защитного слоя из армированного бетона $\delta = 4$ см	11,5	1,3	14,95
4. Вес асфальтобетона $\delta = 7$ см	18,51	1,5	27,77
Итого	38,99		54,4

При равных толщинах слоев $\delta_1 = \delta_2 = 4$ см и 10%-х отклонениях от номинальных значений толщины дисперсии

$s_1^2 = s_2^2 = (0,1 \cdot 4/3)^2 = 0,0178$ см² и $s_{12}^2 = (0,1 \cdot 8/3)^2 = 0,0711$ см². Из формулы (15) определяем корреляционный момент $K_{12} = (0,0711 - 2 \cdot 0,0178)/2 = 0,0178$ см². Отсюда коэффициент корреляции $k = K_{12}/s_1 s_2 = 0,0178/0,1332 = 1$. По формуле (14) $s_{12} = 0$, что означает возможность снижения коэффициента надежности по нагрузке до 1 при качественном контроле при изготовлении и эксплуатации дорожных одежд. При отсутствии корреляционной зависимости $K_{12} = 0$ и $s_{12} = 0,189$ и. Если учитываются 5%-е отклонения номинальных значений, то дисперсии $s_1^2 = s_2^2 = (0,05 \cdot 4/3)^2 = 0,0044$ см², $s_{12} = 0,094$ и $\gamma_f = 1 + 3 \cdot 0,094 = 1,28$ (в нормах проектирования принято близко к среднему значению $\gamma_f = 1,5$).

При обследовании существующих конструкций имеется принципиальная возможность уточнить фактические размеры и плотность материала, а не использовать номинальные значения и справочные сведения [20]. Например, согласно нормам на обследование конструкций, постоянные нагрузки на покрытиях и перекрытиях определяют по результатам вскрытий с определением плотности и толщины слоев или по результатам взвешиваний материалов на вырезанных участках площадью от 0,04 до 0,25 м²; при этом число вскрытий должно быть не менее трех на этаж и не менее шести на 500 м² площади.

В зависимости от числа n вскрытий нормативная нагрузка вычисляется по формуле

$$g_n = \bar{g} + t_\alpha s_g / \sqrt{n}, \quad (16)$$

где t_α – коэффициент Стьюдента, учитывающий объем измерений [18].

В работе [6] рекомендуется учитывать корреляцию плотности материалов между точками зондирования. Допускается принимать в пределах одного элемента коэффициент корреляции от 0,7 до 0,85.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значения коэффициентов надежности γ_f постоянной нагрузки g от собственного веса конструкций определяются в основном обеспеченностью в виде коэффициента β , равного числу стандартов в отклонении от средних значений, и допускаемой изменчивостью в виде коэффициента вариации v_g , который

зависит от уровня контроля при изготовлении и эксплуатации конструкций. Применение вероятностного подхода позволяет обоснованно назначать и снижать расчетные значения коэффициентов надежности по нагрузкам.

Изменчивость собственного веса конструкций v_g зависит от изменчивостей плотности материала v_p и конструктивных размеров v_a , однако в установленных нормах проектирования коэффициентах надежности постоянной нагрузки доля каждого из этих факторов не установлена. Применительно к конструкциям из бетона рекомендуется принимать $v_p = 0,04$, а обеспеченность нормативных значений плотности $\beta_n = 1,645$ и размеров $\beta_n = 0$. При этом из совместного решения уравнений (2) и (9) можно определить допускаемое значение v_a по заданной обеспеченности расчетного значения β (например, при $\gamma_f = 1,3$ и $\beta = 3$ имеем $v_a = 0,122$); показатель надежности β при контролируемом значении v_a (например, при $\gamma_f = 1,3$ и $v_a = 0,05$ имеем $\beta = 6$, а при $v_a = 0,2$ $\beta \approx 2$) либо уточнить значение коэффициента надежности по нагрузке при известных значениях β и v_a (например, при $\beta = 3$ и $v_a = 0,2$ следует принять $\gamma_f = 1,6$). Следует отметить, что допускаемые значения параметров βv_a в приведенных примерах значительно превышают соответствующие нормативные допуски на размеры.

При применении метода суммирования дисперсий расчетную нагрузку от собственного веса многослойных конструкций можно снижать до 10%. Коэффициент вариации собственного веса многослойных конструкций зависит от контроля размеров при изготовлении и эксплуатации сооружений. При налаженном контроле коэффициент надежности по нагрузкам для собственного веса многослойных конструкций можно снижать.

С целью повышения надежности мостов и ввиду большой изменчивости собственного веса элементов покрытия нормативные значения собственного веса рекомендуется назначать с повышенной обеспеченностью [21].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. М. : Изд-во АСВ, 2007. 256 с.
2. Райзер В.Д. К проблеме живучести зданий и сооружений // Строительная механика и расчет сооружений. 2012. № 5. С. 77 – 78.
3. Starossek U., Haberland M. Robustness of structures [Надежность конструкций]. International Journal of Lifecycle Performance Engineering. 2012. no. 1. pp. 3 – 21.
4. Назаров Ю.П., Городецкий А.С., Симбиркин В.Н. К проблеме обеспечения живучести строительных конструкций.

ций при аварийных воздействиях // Строительная механика и расчет сооружений. 2009. № 4. С. 5 – 9.

5. Краснощеков Ю.В. Расчет каркасного здания на прогрессирующее обрушение при аварийном отказе колонны // Строительная механика и расчет сооружений. 2017. № 1. С. 54 – 58.

6. JCSS Probabilistic Model Code, Zurich: Joint Committee on Structural Safety, 2001. [www.jcss.byg.dtn.dk].

7. Ржаницын А.Р. Теория расчёта строительных конструкций на надёжность. М. : Стройиздат, 1978. 239 с.

8. Райзер В.Д. Теория надёжности сооружений. М. : Изд-во АСВ, 2010. 384 с.

9. Шпете Г. Надёжность несущих строительных конструкций. М. : Стройиздат, 1994. 288 с.

10. Краснощеков Ю.В., Заполева М.Ю. Основы проектирования конструкций зданий и сооружений. М. : Инфра-Инженерия, 2018. 296 с.

11. Валь В.Н., Горохов Е.В., Уваров Б.Ю. Усиление стальных каркасов одноэтажных производственных зданий при их реконструкции. М. : Стройиздат, 1987. 219 с.

12. Лужин О.В. Вероятностные методы расчета сооружений. М. : МИСИ, 1983. 124 с.

13. Кожушко В.П. Оценка несущей способности пролетных строений эксплуатируемых автодорожных мостов // Вестник ХНАДУ. 2006, № 34 – 35. С. 76 – 79.

14. Ельцова В.Ю. Значение технических регламентов при обеспечении надёжности мостов // Вектор науки ТГУ. 2013. № 3, С. 164 – 166.

15. Designers' Guide to Eurocode 1: Actions on buildings. EN 1991-1-1 and -1-3 to -1-7. H. Gulvanessian, P. Formichi and J.-A. Calgaro. 978 0 7277 3156 2. Published 2009.

16. Designers' Guide to EN 1990 Eurocode: Basis of structural design. H. Gulvanessian, J.-A. Calgaro and M. Holický. 978 0 7277 3011 4. Published 2002.

17. MacGregor, J.G., Mirza S.A., Ellingwood B. Statistical analysis of resistance of reinforced and prestressed concrete members. – Journal of the American Prestressed Concrete Institute. – 1983. – vol. 80. – № 3. – p. 167 – 176.

18. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М. : Высшая школа, 1999. 576 с.

19. Лившиц Я.Д., Онищенко М.М., Шкуратовский А.А. Примеры расчета железобетонных мостов. К. : Вища школа, 1986. 263 с.

20. Краснощеков Ю.В. Научные основы исследований взаимодействия элементов железобетонных конструкций. Омск : СиБАДИ, 1997. 276 с.

21. Calgaro J.-A., Tschumi M. and Gulvanessian H. Designers' Guide to EN 1991 for Bridges. Thomas Telford, London, 2009.

ACCOUNTING OF CONSTANT LOADS' VARIABILITY IN CALCULATION OF BUILDINGS' AND STRUCTURES' CONSTRUCTIONS

Y.V. Krasnoshchekov

ABSTRACT

Introduction. The article presents the investigation results of the factors determining the reliability coefficients' values of the constant load from the weight of the structures in the buildings' and bridges' calculation by the method of limiting states.

Materials and methods. However, the constant load has not yet been determined due to the lack of the experimental data, the variability influence of each individual factor: the density of the material and structural dimensions on the reliability coefficients' value. The reliability coefficients' values of the constant load from the weight of the structures are also determined mainly by the specified reliability and the allowed variability in the structure dimensions.

Results. The probabilistic approach's application to the reliability coefficients' estimation on the load allows reasonably assign and reduce the calculated values of the constant loads. The application of the probabilistic method of the dispersions' summation therefore leads to the reduction of the reliability factor for the loads of the self-weight and multi-layer bridge structures to 10%.

Discussion and conclusion. The self weight's variation coefficient of the multilayer structures depends on the control during their manufacture and operation, so the reliability factor for the self weight loads of the multilayer structures could be significantly reduced by the established control. In order to improve the bridges' reliability and because of the large variability in the pavement elements' weight, especially in the asphalt-concrete layers' weight, their normative values should be assigned with the increased security.

KEYWORDS: structures' reliability, constant load, structures' weight, variability of parameters, reliability factor, multilayer construction, probabilistic calculation method.

REFERENCES

1. Perelmuter A.V. Izbrannyye problem nadegnosti i bezopasnosti stroitelnykh konstruktsiy [Selected problems of reliability and safety of building structures]. Moscow. Izdatelstvo ASV, 2007. 256 p.

2. Raiser V.D. K problem givuchesti zdaniy I [To the problem of survivability of buildings and structures]. Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij. 2012, no 5, pp. 77 – 78.

3. Starossek U., Haberland M. Robustness of structures. International Journal of Lifecycle Performance Engineering. 2012, no. 1, pp. 3 – 21.

4. Nazarov Yu.P., Gorodetsky A.S., Simbirkin V.N. K problem obespecheniya g[vuchesti stroitelnykh konstrukzij pri avarijnykh vozdejstvijakh [To the problem of ensuring the survivability of building structures during emergency]. Stroitel'naja mekhanika i raschet soorugenij. 2009, no 4, pp. 5 – 9.
5. Krasnoshchekov Yu.V. Raschet karkasnogo zdaniya na progressirujushchee obrushenie pri avarijnom otkaze kolonny [Calculation of a frame building for a progressive collapse in case of emergency failure of a column]. Stroitel'naja mekhanika i raschet soorugenij. 2017, no 1, pp. 54 – 58.
6. JCSS Probabilistic Model Code, Zurich: Joint Committee on Structural Safeti, 2001. [www.jcss.byg.dtn.dk].
7. Rganizin A.R. Teoriya rascheta stroitelnykh konstrukzij na nadegnost [The theory of calculating building structures for reliability]. Moscow. Strojisdat, 1978. 239 p.
8. Raiser V.D. Teoriya nadegnosti soorugenij [Theory of the reliability of structures]. Moscow. Izdatelstvo ASV, 2010. 384 p.
9. Spaethe G. Nadegnost nesushchikh konstrukzij [Die Sicherheit tragender Baukonstruktionen]. Moscow. Strojisdat, 1994. 288 p.
10. Krasnoshchekov Yu.V., Zapolewa M.Yu. Osnovy proektirovaniya konstrukzij zdaniy i soorugenij [Basics of designing structures of buildings and structures]. Moscow. Infra-Ingenierija, 2018. 296 p.
11. Vall V.N., Gorokhov E.V., Uvarov B.Yu. Usilenie stalnykh karkasow odnoetagnikh proizvodstvennykh zdaniy pri ikh rekonstrukcii [Strengthening the steel frameworks of single-storey industrial buildings during their reconstruction]. Moscow. Strojisdat, 1987. 219 p.
12. Lugin O.V. Veroyatnostnye metody rascheta soorugenij [Probabilistic methods for calculating structures]. Moscow. MISI, 1983. 124 p.
13. Kogushko B.P. Otsenka nesushchej sposobnosti proletnykh stroenij expluatiруemykh awtodorognykh mostow [Estimation of bearing capacity of span structures of operated road bridges]. Vestnik KHNADU, 2006, no. 34-35). pp. 76 – 79.
14. Eltsowa V.Yu. Znachenie tekhnicheskikh reglamentow pri obespechenii nadegnosti mostow [The importance of technical regulations while ensuring the reliability of bridges]. Wektor nauki TGI, 2013, no. 3. pp. 164 – 166.

15. Designers' Guide to Eurocode 1: Actions on buildings. EN 1991-1-1 and -1-3 to -1-7. H. Gulvanessian, P. Formichi and J.-A. Calgaro. 978 0 7277 3156 2. Published 2009.
16. Designers' Guide to EN 1990 Eurocode: Basis of structural design. H. Gulvanessian, J.-A. Calgaro and M. Holicky. 978 0 7277 3011 4. Published 2002.
17. MacGregor J.G., Mirza S.A., Ellingwood B. Statistical analysis of resistance of reinforced and prestressed concrete members. Journal of the American Prestressed Concrete Institute. 1983. vol. 80. no. 3. pp. 167 – 176.
18. Venttsel E.S. Teoriya werojatnostej [Probability Theory]. Moscow. Wysshaja shkola, 1999. 576 p.
19. Livshits Ya.D. Primery rascheta gesobetonnykh mostow [Examples of calculation of reinforced concrete bridges]. Kiev. Wishcha shkola, 1986. 263 p.
20. Krasnoshchekov Yu.V. Nauchnye osnovy issledowanij wzaimodejstwiya elementow gelezobetonnykh konstrukzij [Scientific foundations of research on the interaction of elements of reinforced concrete structures]. Omsk. SibADI, 1997. 276 p.
21. Calgaro, J.-A., Tschumi, M. and Gulvanessian, H. Designers' Guide to EN 1991 for Bridges. Thomas Telford, London. 2009.

Поступила 16.01.2018, принята к публикации 15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Краснощечков Юрий Васильевич (г. Омск, Россия) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Строительные конструкции», ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5, e-mail: uv1942@mail.ru). Основное направление научной деятельности – взаимодействие элементов конструктивных систем, надежность зданий и сооружений; 160 опубликованных работ.

Krasnoshchekov Y.V. (Russia, Omsk) – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Building Construction", Siberian State Automobile and Highway University – SibADI (644080, Mira, Ave., 5, Omsk, Russia, e-mail: uv1942@mail.ru). The main sphere of scientific research is the collaboration of constructive elements, technical reliability of buildings and constructions. The published researches' number is 160.

УДК 675.72: 528.48: 658.562

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Ю.В. Столбов¹, С.Ю. Столбова², Л.А. Пронина³, А.И. Уваров³

¹ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия;

²ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск, Россия;

³ФГБОУ ВО Омский ГАУ, г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Отмечено, что в последнее время вместо СНиП при строительстве дорог применяются их актуализированные редакции – своды правил СП, в которых требования к точности устройства оснований и покрытий значительно повышены. Для обеспечения повышенных требований к точности высотного положения конструктивных слоев оснований и покрытий автомобильных дорог возникает необходимость применения современных геодезических при-

боров (точных оптических нивелиров и электронных тахеометров разной точности).

Материалы и методы. Рассмотрено исследование точности высотного положения (неровностей) поверхности покрытия автомобильной дороги IV категории при устройстве конструктивных слоев с комплектом дорожных машин без автоматической системы задания вертикальных высот и с шагом нивелирования через 10 м.

Результаты. Рассчитаны статистические характеристики и параметры распределения отклонений амплитуд высот поверхности покрытия автомобильной дороги, полученных по результатам измерений, с применением оптического нивелира Н-3 и электронного тахеометра TRIMBLE M3.

Обсуждение и заключение. Установлено, что значения среднеквадратических отклонений амплитуд, полученных с применением оптического нивелира Н-3, и электронного тахеометра, практически одного порядка точности. Следовательно, при строительстве и реконструкции автомобильных дорог IV категории возможно применение электронных тахеометров для обеспечения точности не только планового, но и высотного положения их оснований и покрытий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: точность, высотное положение (неровность), поверхность покрытия, автомобильная дорога, амплитуды вертикальных (высотных) отметок.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных показателей качества современного строительства является точность геометрических параметров конструкций зданий и сооружений. Поэтому при проектировании зданий и сооружений и их отдельных элементов, разработке технологии изготовления элементов и возведении зданий и сооружений следует предусматривать, а в производстве применять необходимые средства и правила технологического обеспечения точности согласно ГОСТ 21778 – 81 [1].

Точность геометрических параметров конструкций зданий и сооружений регламентируются в стандартах (ГОСТах), СНиП, СП и проектно-конструкторской документации. С 1.01.1985 г. основным нормативным документом при строительстве и приемке в эксплуатацию автомобильных дорог был СНиП 3.06.03 – 85 [2]. С 1.01.2013 г. введена в действие актуализированная редакция этого СНиПа – свод правил СП 78.13330.2012 [3].

С 01.07.2015 г. СНиПы были отменены. В настоящее время основным нормативным документом при новом строительстве автомобильных дорог является СП 78.13330.2012 [3], а СНиП 3.06.03-85 [2] остается в качестве действующего при реконструкции ранее построенных автомобильных дорог.

В нормативных документах приведены допустимые значения алгебраических разностей (амплитуд) вертикальных (высотных) отметок, т.е. неровностей поверхности покрытия.

С появлением современных измерительных приборов – электронных тахеометров – возникает необходимость исследования их применения при изыскании, строительстве и реконструкции автомобильных дорог.

Исследования электронных тахеометров,

выполненные в России и за рубежом, показывают, что этими приборами обеспечивается точность нивелирования IV класса при создании геодезических сетей для выполнения топографических работ.

В технической литературе недостаточно освещено применение электронных тахеометров при устройстве конструктивных слоев автомобильных дорог разных категорий.

Исследования по применению электронных тахеометров для нивелирования выполнены в работах Г.А. Уставича, М.Е. Рахымбердиной, А.В. Никонова [4], Г.А. Уставича, Г.Г. Китаева, В.Г. Сальникова, А.В. Никонова. [5], А.В. Никонова [6], [7], [8], [9], [10], [11], А.В. Никонова, М.Е. Рахымбердиной [12], А.В. Никонова, С. А. Бабасова [13], Г.А. Уставича, А.В. Никонова, С.А. Бабасова [14], А.В. Никонова, А.А. Скворцова [15].

В этих работах рассмотрены разработки по совершенствованию технологии инженерно-геодезического нивелирования тригонометрическим способом, создания геодезической основы на территории строительства объектов энергетики с применением электронных тахеометров, исследования влияния рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими лучами способом из середины.

По результатам исследований точности тригонометрического нивелирования с применением электронных тахеометров защищены кандидатские диссертации М.Е. Рахымбердиной [16], В.Г. Сальникова [17] и А.В. Никонова [18] под руководством проф. Г.А. Уставича при практически равных линиях визирного луча (длин плеч).

В практике строительства и реконструкции автомобильных дорог приходится выполнять геодезические работы при разных длинах

плеч. Поэтому возникает необходимость проведения исследований по применению этих приборов при строительстве и реконструкции автомобильных дорог.

В настоящей статье рассматривается исследование точности высотных отметок поверхности (неровностей) покрытия левобережной автомобильной дороги IV категории к Красноярскому гидроузлу в Омской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование точности высотного положения поверхности покрытия автомобильной дороги с применением нивелира Н-3 и электронного тахеометра типа TRIMBLE M3.

В соответствии со СНиП 3.06.03 – 85 [2] и межгосударственным стандартом ГОСТ 30412 – 96 [19], действовавшими на момент строительства автомобильной дороги, по завершению устройства оснований и покрытий выполняется оценка неровностей их поверхностей в продольном направлении. Для этого намечаются захватки длиной до 400 м. Показателями неровности покрытия автомобильной дороги являются амплитуды отметок.

Исследования были выполнены на участке дороги с применением оптического нивелира Н-3 и электронного тахеометра типа TRIMBLE M3 (СКП измерения углов 5"). Они проводились с целью определения неровностей поверхности покрытия и возможности использования электронного тахеометра при строительстве и реконструкции автомобильных дорог. По отметкам, полученным из нивелирования поверхности покрытия автомобильной дороги по левой, правой кромкам и ее центру, вычислены их амплитуды.

Нивелирование участка покрытия автомо-

бильной дороги протяженностью 400 м выполнено при максимальной длине визирного луча $S = 100$ м и шага нивелирования через 10 м с применением этих приборов.

По отметкам, полученным по результатам измерения при применении нивелира Н-3 и электронного тахеометра, определены алгебраические разности (амплитуды) отметок по формуле [19].

$$\delta h_i = \left| \frac{h_{i-1} + h_{i+1}}{2} - h_i \right|, \quad (1)$$

где δh_i – амплитуды этих точек по прямой линии, проходящей через предыдущую ($i-1$) и последующую ($i+1$) точки,

h_i , h_{i-1} и h_{i+1} – относительные отметки точек.

Оценка точности геометрических параметров высотного положения поверхности покрытия (неровностей) выполнена с применением методов математической статистики и теории вероятностей [21].

Статистические характеристики и параметры распределения отклонений амплитуд вертикальных (высотных) отметок поверхности покрытия дорожной одежды, полученных по результатам измерений оптическим нивелиром Н-3 и электронным тахеометром TRIMBLE M3, приведены соответственно в таблицах 1, 2. В них приняты следующие обозначения: N – объем выборки; $\bar{x}$ – среднее арифметическое; M – среднеквадратическая погрешность среднего арифметического; m_m – среднеквадратическая погрешность самой среднеквадратической погрешности; a – математическое ожидание; σ – среднеквадратическое отклонение.

Таблица 1
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА АМПЛИТУД ОТМЕТОК ПОКРЫТИЯ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ПОДЪЕЗДНОЙ
АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НИВЕЛИРА Н-3

Table 1
STATISTICAL PROCESSING OF AMPLITUDE COVERING OF THE LEFT BANK ROAD,
RECEIVED BY THE USAGE OF THE LEVEL H-3

Интервалы, мм		Частота n_i	Относ. частота w_i	Средина интерв. x_i мм	$n x_i$, мм	$x_i - \bar{x}$, мм	$n(x_i - \bar{x})$, мм	$n(x_i - \bar{x})^2$, мм	$t_1 =$	$t_2 =$	$\Phi(t_1)$	$\Phi(t_2)$	$P(x_i)$
a	b												
-20	-15	7	0,060	-17,5	-122,5	-18,76	-131,32	2463,74	-2,37	-1,81	-0,4912	-0,4649	0,0263
-15	-10	6	0,051	-12,5	-75,0	-13,76	-82,56	1136,14	-1,81	-1,25	-0,4649	-0,3944	0,0705
-10	-5	15	0,128	-7,5	-112,5	-8,76	-131,41	1151,24	-1,25	-0,70	-0,3944	-0,2580	0,1364
-5	0	22	0,188	-2,5	-55,0	-3,76	-82,74	311,14	-0,70	-0,14	-0,2580	-0,0557	0,2023
0	5	25	0,214	2,5	62,5	1,24	30,98	38,40	-0,14	0,42	-0,0557	0,1628	0,2185
5	10	20	0,171	7,5	150,0	6,24	124,79	778,58	0,42	0,97	0,1628	0,3340	0,1712
10	15	17	0,145	12,5	212,5	11,24	191,07	2147,48	0,97	1,53	0,3340	0,4370	0,1030
15	20	5	0,043	17,5	87,5	16,24	81,20	1318,58	1,53	2,09	0,4370	0,4816	0,0446
		N=117	1,0		147,5			9345,30					0,9728

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Доверительный интервал для "а":

$$\bar{x} = 147,5/117 = 1,26 \text{ мм}; \bar{x} - t_q * M < a < \bar{x} + t_q * M, \text{ где } t_q(N = 117; P = 0,95) = 1,98;$$

$$M = 8,98/\sqrt{117} = 0,83 \text{ мм};$$

$$1,26 - 1,98 * 0,83 < a < 1,26 + 1,98 * 0,83 \Rightarrow 0,383 \text{ мм} < a < 2,903 \text{ мм};$$

$$m = \sqrt{9345,3/(117 - 1)} = 8,98 \text{ мм}.$$

$$\text{Доверительный интервал для "σ": } m_m = 8,98/\sqrt{2 * (117 - 1)} = 0,59 \text{ мм};$$

$$m * (1 - g) < \sigma < m * (1 + g), \text{ где } g(N = 117, P = 0,95) = 0,133;$$

$$8,98 * (1 - 0,133) < \sigma < 8,98 * (1 + 0,133) \Rightarrow 7,78 \text{ мм} < \sigma < 10,17 \text{ мм}.$$

Таблица 2
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА АМПЛИТУД ОТМЕТОК
ПОКРЫТИЯ ЛЕВОБОРЕЖНОЙ ПОДЪЕЗДНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ,
ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА
Table 2
STATISTICAL PROCESSING OF AMPLITUDE
COVERING OF THE LEFT BANK ROAD,
RECEIVED BY THE USAGE OF THE ELECTRONIC TACHOMETER

Интервалы, мм		Частота n_i	Частость w_i	Средина интерв. x_i мм	$n x_i$, мм	$x_i - \bar{x}$, мм	$n(x_i - \bar{x})$, мм	$n(x_i - \bar{x})^2$, мм	$t_1 =$	$t_2 =$	$\Phi(t_1)$	$\Phi(t_2)$	$P(x_i)$
a	b												
-20	-15	2	0,017	-17,5	-35,0	-18,12	-36,24	656,64	-2,52	-1,91	-0,4951	-0,4719	0,0232
-15	-10	9	0,077	-12,5	-112,5	-13,12	-118,08	1549,13	-1,91	-1,30	-0,4719	-0,4032	0,0687
-10	-5	21	0,179	-7,5	-157,5	-8,12	-170,51	1384,51	-1,30	-0,69	-0,4032	-0,2519	0,1513
-5	0	23	0,197	-2,5	-57,5	-3,12	-71,75	223,84	-0,69	-0,08	-0,2519	-0,0319	0,2200
0	5	28	0,239	2,5	70,0	1,88	52,65	99,00	-0,08	0,53	-0,0319	0,2019	0,2338
5	10	16	0,137	7,5	120,0	6,88	110,09	757,43	0,53	1,14	0,2019	0,3729	0,1710
10	15	14	0,120	12,5	175,0	11,88	166,32	1976,00	1,14	1,76	0,3729	0,4605	0,0876
15	20	4	0,034	17,5	70,0	16,88	67,52	1139,78	1,76	2,37	0,4605	0,4911	0,0306
		N=117	1,0		72,5			7786,32					0,9862

$$\text{Доверительный интервал для "а": } \bar{x} = 72,5/117 = 0,62 \text{ мм}$$

$$\bar{x} - t_q * M < a < \bar{x} + t_q * M, \text{ где } t_q(N = 117; P = 0,95) = 1,98;$$

$$M = 8,19/\sqrt{117} = 0,76 \text{ мм};$$

$$0,62 - 1,98 * 0,76 < a < 0,62 + 1,98 * 0,76 \Rightarrow 0,885 \text{ мм} < a < 2,125 \text{ мм};$$

$$m = \sqrt{7786,32/(117 - 1)} = 8,19 \text{ мм}.$$

$$\text{Доверительный интервал для "σ":}$$

$$m_m = 8,19/\sqrt{2 * (117 - 1)} = 0,54 \text{ мм};$$

$$m * (1 - g) < \sigma < m * (1 + g), \text{ где } g(N = 117, P = 0,95) = 0,133;$$

$$8,19 * (1 - 0,133) < \sigma < 8,19 * (1 + 0,133) \Rightarrow 7,100 \text{ мм} < \sigma < 9,279 \text{ мм}.$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате исследования установлено, что распределение вычисленных значений амплитуд вертикальных (высотных) отметок в выборках подчинены закону нормального распределения. Кривые эмпирического и теоретического распределения алгебраических разностей (амплитуд) отметок показаны на

рисунке 1, 2. Проверка эмпирического и теоретического распределений амплитуд приведена в таблицах 3, 4. Вычисленные значения критерия согласия К. Пирсона χ^2 не превышают критического предела $\chi^2_{набл} < \chi^2_{кр}$, поэтому нулевая гипотеза о нормальном распределении амплитуд отметок не отвергается.

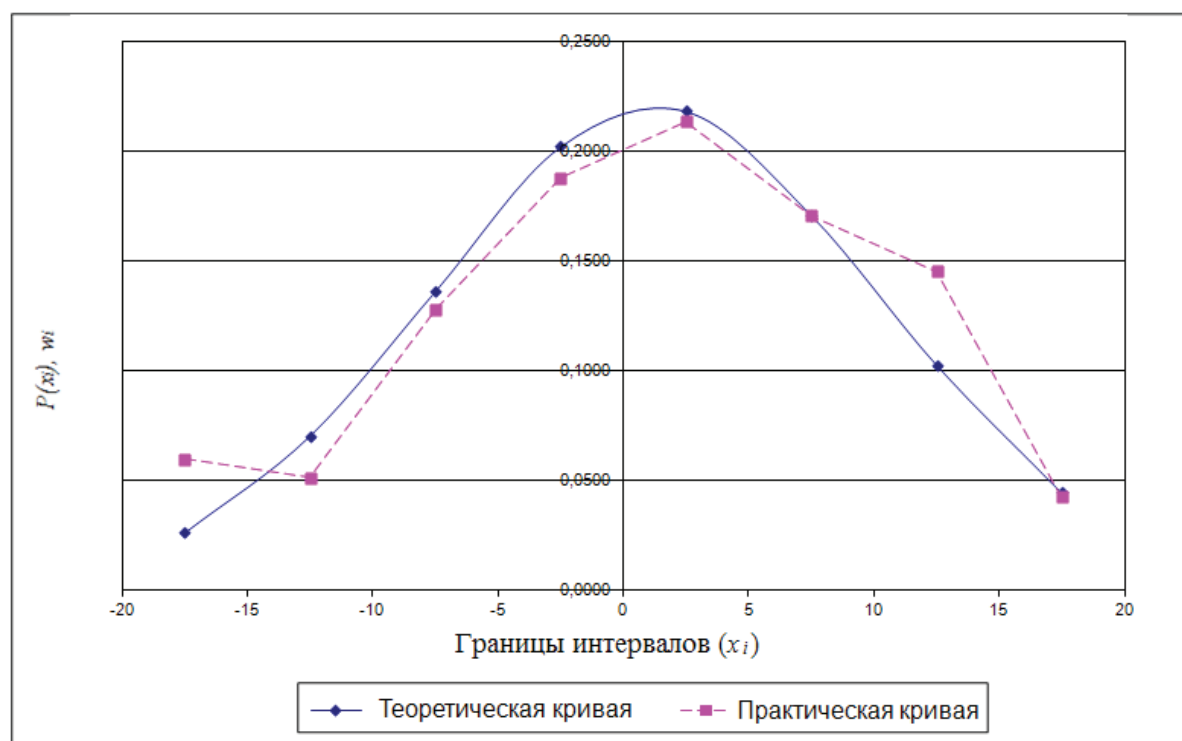


Рисунок 1 – Теоретическая и практическая кривые распределения амплитуд отметок покрытия левобережной подъездной автомобильной дороги, полученных при использовании нивелира Н-3
Figure 1 – Theoretical and practical curves of the amplitude distribution on the coating marks of the left-bank access road, obtained by the usage of the level H-3

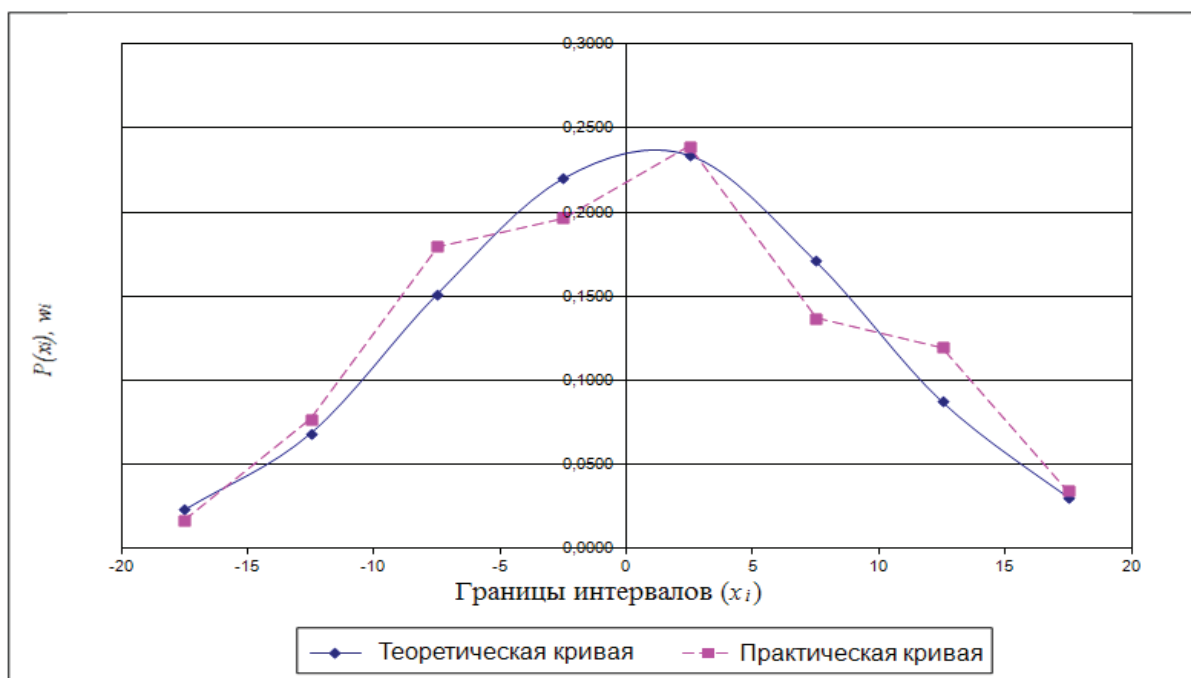


Рисунок 2 – Теоретическая и практическая кривые распределения амплитуд отметок покрытия левобережной подъездной автомобильной дороги, полученных при использовании электронного тахеометра
Figure 2 – Theoretical and practical curves of the amplitude distribution on the coating marks of the left-bank access road, obtained by the usage of electronic tachometer

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Таблица 3
ВЫЧИСЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ К. ПИРСОНА ДЛЯ ОЦЕНКИ СХОДИМОСТИ ЭМПИРИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
АМПЛИТУД ОТМЕТОВ ПОКРЫТИЯ ЛЕВОБОЕРЕЖНОЙ ПОДЪЕЗДНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ,
ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НИВЕЛИРА Н-3, С НОРМАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ

Table 3
CALCULATION OF K. PIRSON'S CRITERION FOR THE ASSESSMENT OF EMPIRICAL DISTRIBUTION
OF AMPLITUDE MARKS OF THE LEFT BANK ROAD COVERAGE, RECEIVED BY THE USAGE
OF THE LEVEL H-3 WITH NORMAL DISTRIBUTION

Интервалы, мм		Частота n_i	Вероятность $P(x_i)$	Теорет. частота $NP(x_i)$	$n_i - NP(x_i)$	$[n_i - NP(x_i)]^2$	$\frac{[n_i - NP(x_i)]^2}{NP(x_i)}$
a	b						
-20	-15	7	0,0263	3,0771	3,923	15,389	5,00
-15	-10	6	0,0705	8,2485	-2,249	5,056	0,61
-10	-5	15	0,1364	15,9588	-0,959	0,919	0,06
-5	0	22	0,2023	23,6691	-1,669	2,786	0,12
0	5	25	0,2185	25,5645	0,564	0,319	0,01
5	10	20	0,1712	20,0304	-0,030	0,001	0,00
10	15	17	0,1030	12,051	4,949	24,493	2,03
15	20	5	0,0446	5,2182	-0,218	0,048	0,01
Сумма		N=117					$\chi^2_{\text{выч}} = 7,84$
При восьми интервалах число степеней свободы $k = 5$. $\chi^2(0,05; 5) = 11,1$. Таким образом, $7,84 < 11,1$. Нулевая гипотеза не отвергается							

Таблица 4
ВЫЧИСЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ К. ПИРСОНА ДЛЯ ОЦЕНКИ СХОДИМОСТИ ЭМПИРИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
АМПЛИТУД ОТМЕТОВ ПОКРЫТИЯ ЛЕВОБОЕРЕЖНОЙ ПОДЪЕЗДНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ,
ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА,
С НОРМАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ

Table 4
CALCULATION OF K. PIRSON'S CRITERION FOR THE ASSESSMENT OF EMPIRICAL DISTRIBUTION OF AMPLITUDE
MARKS OF THE LEFT BANK ROAD COVERAGE, RECEIVED BY THE USAGE OF THE ELECTRONIC TACHOMETER
WITH NORMAL DISTRIBUTION

Интервалы, мм		Частота n_i	Вероятность $P(x_i)$	Теорет. частота $NP(x_i)$	$n_i - NP(x_i)$	$[n_i - NP(x_i)]^2$	$\frac{[n_i - NP(x_i)]^2}{NP(x_i)}$
a	b						
-20	-15	2	0,0232	2,7144	-0,714	0,510	0,19
-15	-10	9	0,0687	8,0379	0,962	0,926	0,12
-10	-5	21	0,1513	17,7021	3,298	10,876	0,61
-5	0	23	0,2200	25,74	-2,740	7,508	0,29
0	5	28	0,2338	27,3546	0,645	0,417	0,02
5	10	16	0,1710	20,007	-4,007	16,056	0,80
10	15	14	0,0876	10,2492	3,751	14,069	1,37
15	20	4	0,0306	3,5802	0,420	0,176	0,05
Сумма		N=117					$\chi^2_{\text{выч}} = 3,45$
При восьми интервалах число степеней свободы $k = 5$. $\chi^2(0,05; 5) = 11,1$. Таким образом, $3,45 < 11,1$. Нулевая гипотеза не отвергается							

Среднеквадратическая погрешность амплитуд отметок, полученных при применении оптического нивелира Н-3, составила

$m = 8,98$ мм, а электронного тахеометра – $m = 8,19$ мм.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с пунктом 14.5 СНиП 3.06.03 – 85 [2], действующего на момент строительства автомобильной дороги, 90% определений амплитуд вертикальных отметок должны быть не более 16 мм (при шаге нивелирования 10 м) для дорог IV и V категорий и внутренних дорог промышленных предприятий (при применении комплекта дорожных машин без автоматической системы выдерживания заданных отметок).

На исследуемом участке автомобильной дороги при нивелировании поверхности покрытия с применением нивелира Н-3, 12 из 117 значений амплитуд отметок превышают 16 мм, что составляет 10,3% при 10% определений, регламентированных СНиП 3.06.03 – 85 [2].

Значения среднеквадратических отклонений амплитуд отметок поверхности покрытия автомобильной дороги, полученные по результатам измерений с применением нивелира Н-3 и электронного тахеометра TRIMBLE M3, соответственно составили $\sigma = 10,2$ мм и $\sigma = 9,3$ мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования показали, что полученные значения амплитуд вертикальных (высотных) отметок практически соответствуют требованиям СНиП 3.06.03 – 85 [2]. Значения среднеквадратических отклонений амплитуд, полученных с применением оптического нивелира Н-3 и электронного тахеометра TRIMBLE M3, практически одного порядка точности. По результатам исследования можно констатировать, что при строительстве и реконструкции автомобильных дорог IV категории возможно применение электронных тахеометров для обеспечения точности не только планового, но и высотного положения их оснований и покрытий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 21778-81 (СТ СЭВ 2045-79). Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения. – Введ. 1980-12-02. М. : Изд-во стандартов, 1981. 9 с.
2. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги: утв. Комитетом Совета Министров СССР по делам строительства (Госстрой СССР). М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. 106 с.
3. СП 78.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 Автомобильные дороги. М. : Минрегион России. 2012. 118с.
4. Уставич Г.А., Рахымбердина М.Е., Никонов А.В., Бабасов С.А. Разработка и совершенствование технологии инженерно-геодезического нивелирования тригонометрическим способом // Изв. вузов. Геодезия и картография. 2013. № 6. С. 17 – 22.
5. Уставич Г.А., Китаев Г.Г., Никонов А.В., Сальников В.Г. Создание геодезической основы на территории стро-

ительства объектов энергетики // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2013. № 4/С. С. 48 – 54.

6. Никонов А.В. Исследование влияния вертикальной рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими лучами способом из середины // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2014. № 1. С. 28 – 34.

7. Никонов А.В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины с применением электронных тахеометров // Вестник СГГА. 2013. № 2 (22). С. 26 – 35.

8. Никонов А.В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины при визировании над разными подстилающими поверхностями // Вестник СГГА. 2013. № 3 (23). С. 28 – 33.

9. Никонов А. В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины с применением электронных тахеометров // Вестн. СГГА. 2013. № 2 (22). С. 26 – 35.

10. Никонов А.В. Опыт применения тригонометрического нивелирования с использованием электронных тахеометров для наблюдений за осадками сооружений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. С. 78 – 86.

11. Никонов А.В. Технологические схемы при проложении ходов тригонометрического нивелирования / А. В. Никонов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. С. 77 – 82.

12. Никонов А.В. К вопросу о влиянии вертикальной рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими лучами // Вестник СГГА. 2014. № 1 (25). С. 12 – 26.

13. Никонов А.В., Рахымбердина М.Е. Исследование точности измерения превышений электронным тахеометром высокой точности в полевых условиях // Вестник СГГА. 2013. № 1 (21). С. 16 – 26.

14. Никонов А.В., Бабасов С.А. Исследование тригонометрического нивелирования в полевых условиях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. С. 71 – 78.

15. Уставич Г.А., Никонов А.В., Бабасов С.А. Методика выполнения обратного тригонометрического нивелирования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. С. 51 – 56.

16. Никонов А.В., Скворцов А.А. Исследование влияния вертикальной рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими лучами в зимних условиях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. С. 70 – 76.

17. Рахымбердина М.Е. Исследование по совершенствованию высокоточного инженерно-геодезического нивелирования цифровыми нивелирами и электронными тахеометрами : автореф. дис. ... канд. техн. Наук. Новосибирск. 2013. 24 с.

18. Сальников В.Г. Совершенствование методики геодезических измерений для обеспечения строительства и эксплуатации энергетических объектов: автореф. дис. ... канд. техн. Наук. Новосибирск. 2015. 24 с.

19. Никонов А.В. Совершенствование методики тригонометрического нивелирования короткими лучами : автореф. дис. ... канд. техн. Наук. Новосибирск. 2015. 24 с.

20. ГОСТ 30412 – 96. Дороги автомобильные и аэро-

дромы. Методы измерений неровностей оснований и покрытия Введ. 1997.01.01. М.: МНТКС, 1996. 13 с.
21. Столбов Ю.В., Нараев Д.О., Столбова С.Ю. Ис-

следование точности высотного положения поверхности верхнего слоя покрытия автомобильных дорог // Изв. вузов. Сер. Строительство. 2011. № 4. С. 53 – 60.

THE ACCURACY INVESTIGATION OF THE HIGH POSITION OF THE ROAD COVERAGE SURFACE WITH THE DIFFERENT GEODESIC DEVICES' APPLICATION

Y.V. Stolbov, S.Y. Stolbova, L.A. Pronina, A.I. Uvarov

ABSTRACT

Introduction. The updated wording of the rulebooks SP apply instead of the SNiP for the road construction last time, in which the accuracy requirements of the device bases and pavements is greatly increased. To ensure high requirements to the accuracy of vertical position of the structural layers of bases and covers roads there is a need of application of modern surveying instruments (precision optical levels and electronic total stations with different accuracy).

Materials and methods. The research of the vertical position accuracy (unevenness) of the coating roads surface in IV category at the constructive layers' device is observed with the road vehicles without an automatic system of vertical heights and with the leveling step through 10 m.

Results. The calculated statistical characteristics and parameters for the deviations' distribution of the amplitudes on the pavements' surface elevation, which are obtained according to the measurement results, are used on the N-3 optical level and on the TRIMBLE M3 electronic total station.

Discussion and conclusion. The standard deviations' values of the amplitude, which are obtained by the N-3 optical level's usage and by the electronic total station's usage, remain on the same accuracy order. Therefore, the usage of the electronic total stations for the accuracy ensuring is planned also on the vertical position of their bases and pavements.

KEYWORDS: accuracy, altitude (roughness), surface coverage, road, amplitudes of the vertical (high-rise) marks.

REFERENCES

1. GOST 21778-81 (ST SEV 2045-79). Sistema obespecheniya tochnosti geometricheskikh parametrov v stroitel'stve [System for ensuring the accuracy of geometric parameters in construction]. Osnovnye polozheniya. Enter. 1980-12-02. Moscow, Publishing Standards, 1981. 9 p.
2. SNiP 3.06.03-85. Avtomobil'nye dorogi: utv [Highways]. Komitetom Soveta Ministrov SSSR po delam stroitel'stva. - Moscow/ 1985. 106 p.
3. SP 78.13330.2012 Aktualizirovannaya redakcija [Updated version of] SNiP 3.06.03-85. Avtomobil'nye dorogi [Highways]. Moscow, Ministry of Regional Development of Russia, 2012. 118 p.
4. Ustavich G.A., Rakhymberdina M.E., Nikonov A.V., Babasov S.A. Razrabotka i sovershenstvovanie tehnologii inzhenerno-geodezicheskogo nivelirovaniya trigonometricheskimi sposobom [Development and improvement of engineering-geodetic leveling by the trigonometric method]. Geodesy and cartography. 2013, no. 6, pp. 17 – 22.
5. Ustavich G.A., Kitaev G.G., Nikonov A.V., Sal'nikov V.G. Sozdanie geodezicheskoy osnovy na territorii stroitel'stva obektov jenergetiki [Creation of a geodetic base in the territory of construction of energy facilities]. Izv. universities. Geodesy and aerial photography. 2013, no. 4 / C, pp. 48 – 54.
6. Nikonov A.V. Issledovanie vlijanija vertikal'noj refrakcii na rezul'taty trigonometricheskogo nivelirovaniya korotkimi luchami sposobom iz serediny [Investigation of the influence of vertical refraction on the results of trigonometric leveling by short beams from the middle]. Izv. universities. Geodesy and aerial photography, 2014, no. 1, pp. 28 – 34.
7. Nikonov A.V. Issledovanie tochnosti trigonometricheskogo nivelirovaniya sposobom iz serediny s primeneniem jelektronnykh taheometrov [Investigation of the accuracy of trigonometric leveling in a way from the middle with the use

of electronic tacheometers]. Vestnik SSGA. 2013, no. 2 (22), pp. 26 – 35.

8. Nikonov A.V. Issledovanie tochnosti trigonometricheskogo nivelirovaniya sposobom iz serediny pri vizirovanii nad raznymi podstilajushimi poverhnostjami [Investigation of the accuracy of trigonometric leveling in a way from the middle of the viewing over different underlying surfaces]. Bulletin of SSGA. 2013, no. 3 (23), pp. 28 – 33.

9. Nikonov A.V. Issledovanie tochnosti trigonometricheskogo nivelirovaniya sposobom iz serediny s primeneniem jelektronnykh taheometrov [Investigation of the accuracy of trigonometric leveling by a method from the middle with the use of electronic tacheometers]. Vestn. SSGA. 2013, no. 2 (22), pp. 26 – 35.

10. Nikonov A.V. Opyt primeneniya trigonometricheskogo nivelirovaniya s ispol'zovaniem jelektronnykh taheometrov dlja nabljudenij za osadkami sooruzhenij [Experience of trigonometric leveling using electronic tacheometers for observations of sediments of structures]. Interexpo GEO-Sibir-2013. IX Intern. sci. congress. : Intern. sci. Conf. "Geodesy, geoinformatics, cartography, mine surveying": Sat. materials in 3 tons. Novosibirsk, SSGA, 2013, T. 1, pp. 78 – 86.

11. Nikonov A.V. Tehnologicheskie shemy pri prolozhenii hodov trigonometricheskogo nivelirovaniya [Technological schemes for the construction of trigonometric leveling movements]. Interexpo GEO-Sibir-2014. X Intern. sci. congress. : Intern. sci. Conf. «Geodesy, geoinformatics, cartography, mine surveying»: Sat. materials in 2 tons. Novosibirsk, SSGA, 2014, T. 1, pp. 77 – 82.

12. Nikonov A.V. K voprosu o vlijanii vertikal'noj refrakcii na rezul'taty trigonometricheskogo nivelirovaniya korotkimi luchami [On the influence of vertical refraction on the results of trigonometric leveling by short rays]. Vestnik SSGA. 2014, no. 1 (25), pp. 12 – 26.

13. Nikonov A.V., Rahymberdina M.E. Issledovanie tochnosti izmerenija prevyshenij jelektronnym taheometrom vysokoj tochnosti v polevyh uslovijah [Investigation of the Accuracy of Measurement of Exceeds by an Electronic Total Station in High Field Accuracy]. Vestnik SSGA. 2013, no. 1 (21), pp. 16 – 26.

14. Nikonov A.V., Babasov S.A. Issledovanie trigonometricheskogo nivelirovaniya v polevyh uslovijah [Investigation of trigonometric leveling in field conditions]. Interexpo GEO-Sibir-2013. IX Intern. sci. congress. Intern. sci. Conf. «Geodesy, geoinformatics, cartography, mine surveying». Sat. materials in 3 tons. Novosibirsk, SSGA, 2013, T. 1, pp. 71 – 78.

15. Ustavich G.A., Nikonov A.V., Babasov S.A. Metodika vypolneniya obratnogo trigonometricheskogo nivelirovaniya [A technique for performing inverse trigonometric leveling]. Interexpo GEO-Siberia-2014. X Intern. sci. Congress. Intern. sci. Conf. «Geodesy, geoinformatics, cartography, mine surveying». Sat. materials in 2 tons. Novosibirsk, SSGA, 2014, T. 1, pp. 51 – 56.

16. Nikonov A.V., Skvortsov A.A. Issledovanie vlijanija vertikal'noj refrakcii na rezul'taty trigonometricheskogo nivelirovaniya korotkimi luchami v zimnih uslovijah [Investigation of the influence of vertical refraction on the results of trigonometric leveling by short rays in winter conditions]. Interexpo GEO-Siberia-2014. X Intern. sci. congress. Intern. sci. Conf. «Geodesy, geoinformatics, cartography, mine surveying». Sat. materials in 2 tons. Novosibirsk, SSGA, 2014, T. 1, pp. 70 – 76.

17. Rahymberdina M.E. Issledovanie po sovershenstvovaniyu vysokotochnogo inzhenerno-geodezicheskogo nivelirovaniya cifrovymi nivelirami i jelektronnymi taheometrami. Avtoref. cand., dis. [Research on the improvement of high-precision engineering-geodetic leveling by digital levels and electronic total stations. Avtoref. cand. dis.]. Novosibirsk, 2013. 24 p.

18. Sal'nikov V.G. Sovershenstvovanie metodiki geodezicheskikh izmerenij dlja obespecheniya stroitel'stva i jekspluatatsii jenergeticheskikh obektov. Avtoref. cand., dis. [Perfection of the method of geodetic measurements to ensure the construction and operation of power facilities. Avtoref. cand. dis.]. Novosibirsk, 2015. 24 p.

19. Nikonov A.V. Sovershenstvovanie metodiki trigonometricheskogo nivelirovaniya korotkimi luchami. Avtoref. cand., dis. [Perfection of the technique of trigonometric leveling by short beams. Avtoref. cand. dis.]. Novosibirsk, 2015. 24 p.

20. GOST 30412-96. Dorogi avtomobil'nye i ajerodromy. Metody izmerenij nerovnostej osnovanij i pokrytij [Roads and aerodromes. Methods for measuring unevenness of bases and coatings]. Introduction. 1997.01.01. Moscow, MNTKS, 1996. 13 p.

21. Stolbov Ju.V., Nagaev D.O., Stolbova S.Ju. Issledovanie tochnosti vysotnogo polozhenija poverhnosti verhnego sloja pokrytija avtomobil'nyh dorog [Investigation of the accuracy of the altitude position of the surface of the upper layer of the road surface cover]. Izv. universities. Ser. Building, 2011, no. 4, pp. 53 – 60.

Поступила 19.10.2017, принята к публикации 15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Столбов Юрий Викторович (г. Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Проектирование дорог» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск,

пр. Мира, 5, e-mail: ssu0810@mail.ru).

Столбов Юрий Викторович (Omsk, Russia) – Doctor of Technical Sciences, professor, professor of “Road design” FGBOU “SIBADI” (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: ssu0810@mail.ru).

Столбова Светлана Юрьевна (г. Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Нефтегазовое дело, стандартизация и метрология» ФГБОУ ВО ОмГТУ (644050, г. Омск, пр. Мира, д. 11, e-mail: ssu0810@mail.ru).

Столбова Светлана Юрьевна (Omsk, Russia) – Candidate of Technical Sciences, docent of “Oil and gas engineering, standartization and metrolology”. FGBOU VO OmGTU (644050, Omsk, Mira Ave, 11, e-mail: ssu0810@mail.ru)

Пронина Лилия Анатольевна (г. Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «кафедры «Геодезии и дистанционного зондирования» ФГБОУ ВО Омский ГАУ (644008, г. Омск, Институтская площадь, д. 2, e-mail: pronina_lilia@mail.ru).

Pronina Lilia Anatolyevna (Russian Federation, Omsk) Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department “Geodezii i udaleniya zondirovaniya” FGBOU VO Omskiy GAU (644008, Omsk, Institutskaya ploschad', 2, e-mail: pronina_lilia@mail.ru).

Уваров Анатолий Иванович (г. Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Геодезия и дистанционное зондирование» ФГБОУ ВО Омский ГАУ (644008, г. Омск, Институтская площадь, д. 2, e-mail: ouvarovai@yandex.ru).

Uvarov Anatoliy Ivanovich (Omsk, Russia) – Candidate of Technical Sciences, docent of «Geodezy and distant probe» FGBOU VO Omskiy GAU (644008, Omsk, Institutskaya ploschad', 2, e-mail: ouvarovai@yandex.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Столбов Ю.В. Постановка задачи исследования, анализ результатов исследования, редактирование и оформление статьи.

Столбова С.Ю. Проведение измерений с помощью оптического нивелира Н-3, обработки результатов измерений.

Пронина Л.А. Проведение измерений с помощью электронного тахеометра, обработки результатов измерений.

Уваров А.И. Проведение измерений с помощью цифрового нивелира, оформление статьи.

РАЗДЕЛ IV. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.89

КОНТРОЛЛЕР НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ В УПРАВЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

С.В. Шилкина, Е.Н. Фокина

Национальный исследовательский

Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ),

г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Современный этап развития связан с разработкой и внедрением интеллектуальных систем и технологий, предусматривающих формирование четких решений на основе нечетких правил, нечеткого вывода, нечёткого управления.

Методы и материалы. Классические методы управления хорошо работают при полностью детерминированном объекте управления и детерминированной среде, а для систем с неполной информацией и высокой сложностью объекта управления оптимальными являются нечеткие методы управления. Процесс принятия решений человеком по управлению технологическими процессами моделируется и имитируется нечетким контроллером с базой правил. В последние годы «нечеткий» контроль был успешно использован для управления и эксплуатации ряда систем.

Обсуждение и результаты. Данная статья посвящена рассмотрению вопросов применения в системах управления контроллера нечёткой логики и анализу существующих методов исследования в области интеллектуальных технологий управления для решения задач адаптации применяемых моделей и алгоритмов к различным объектам и системам, в частности к системам поддержания параметров микроклимата среды жизнеобеспечения здания, а также определения базовых параметров повышения экономической эффективности использования контроллера нечёткой логики в системе управления.

Заключение. Анализируемые методы управления на основе нечеткой логики применимы к различным технологическим объектам и системам. В качестве дальнейшего исследования планируется рассмотрение вопросов нечеткого управления различными системами жизнеобеспечения современного здания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: интеллектуальные технологии, методы нечёткой логики, управление, контроллер, регулятор, исполнительный механизм, алгоритм.

ВВЕДЕНИЕ

Для повышения уровня автоматизации интеллектуальных функций человека-оператора, участвующего в управлении при эксплуатации автоматизированных систем управления технологическими процессами и производствами, необходимо использовать современные на-

ботки и достижения информатики в области интеллектуальных технологий управления. В настоящее время широкое применение в системах управления получили методы нечеткой логики, нейронные сети, генетические алгоритмы и ряд других информационных технологий.

Вопросы применения в системах управления контроллера нечёткой логики (КНЛ) в настоящее время достаточно актуальны. Преимущества использования методов нечёткой логики активно обсуждаются в течение ряда последних лет. Плюсы внедрения интеллектуальных технологий связываются с улучшением функционирования инженерных систем и оборудования, ростом производительности по сравнению с системами, использующими классические регуляторы [1, 2, 3, 4].

В последние годы управление на основе нечеткой логики использовалось для эксплуатации ряда систем, в том числе для систем управления технологическими параметрами производственных объектов [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20].

Как происходит использование технологии метода нечёткой логики? Предварительно процесс принятия решений человеком моделируется и имитируется нечетким контроллером с базой правил. Выбор функции принадлежности, воспроизводящей максимальную производительность в качестве субъективного решения, тесно связан с нечеткой характеристикой управления. Нечеткие правила управления и функции принадлежности, как правило, можно найти с помощью эвристических методов проб и ошибок. Анализ ряда работ [5, 6, 9, 10, 11] показал, что полученные исследования связаны с сопоставлением результатов использования классического PID-регулирования относительно КНЛ. Было доказано, что КНЛ имеет лучшие результаты по многим исследуемым показателям и практическим приложениям. Он широко используется в системах со сложными нелинейными характеристиками. Например, при управлении мобильными роботами на основе нечётких моделей в военном деле, управлении дронами в мирных и военных целях, при использовании роботов в быту. КНЛ успешно контролирует параметры микроклимата в производствах пищевой промышленности, агропромышленного комплекса, биогенной инженерии и др. [8, 9, 10, 11, 16, 17, 18, 19, 20]. Авторы данной статьи предлагают рассмотреть в качестве объекта управления современное здание, оснащенное комплексом систем жизнеобеспечения, одна из которых – система поддержания параметров микроклимата. Предлагается провести исследование системы управления сложным объектом, функционирование которого характеризуется множеством переменных параметров. Проведение исследования объекта традиционными методами математического

анализа имеет недостатки, поскольку возможны трудности при выводе математических моделей, учитывающих весь набор переменных, а также имеются ограничения производительности при использовании традиционных методов управления [2, 3, 4]. Поскольку сложно найти универсальную математическую модель под разные типы, структуры, конструкции, технологии и/или ориентацию объекта, производительность обычных контроллеров идет на компромисс удобству. Интеллектуальные системы могут помочь избежать этих проблем в связи с отсутствием необходимости определения сложной модели процесса [2,3]. Этот факт является общим нововведением при разработке автоматизированных систем управления. Основным преимуществом нечеткого управления является отсутствие необходимости в определении или идентификации сложной модели процесса, а использование адаптивных свойств регулятора посредством корректировки экспертной базы знаний технологом в процессе работы без использования профессиональных знаний в области теории управления позволяют совершенствовать и оптимизировать работу регулятора в условиях полной или частичной информационной неопределенности [5,6]. Благодаря данному преимуществу контроллеры на основе нечеткой логики были реализованы в системах управления ряда промышленных предприятий [8,9, 10, 11, 18, 19, 20]. В последние годы многие сложные производственные процессы, а также бытовые приборы успешно контролируются с использованием нечеткой логики [7, 8].

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Теория нечёткой логики связана с именем Лотфи Заде, её основателем, свой научный подход он описал в 1973 г. в работе «Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes», опубликованной в журнале IEEE Transactions on Systems. Результатом явилось успешное внедрение изложенных принципов для усовершенствования системы управления сложным производственным процессом. Но при всех заслугах Л. Заде не менее важный вклад внесли и последователи этой теории. Первый алгоритм на нечеткой логике реализовал в 1975 г. английский математик Е. Мамдани (Ebrahim Mamdani) в системах нечеткого вывода. Ал-горитм был предложен в качестве метода для управления паровым двигателем. Наи-большее распространение также получили следующие алгоритмы: алгоритм Цукамото;

алгоритм Ларсена; алгоритм Сугено и др. [1, 3, 4]. Остановимся на алгоритме Мамдани. Алгоритм Мамдани (Ebrahim Mamdani), основанный на нечетком логическом выводе, позволил избежать чрезмерно большого объема вычислений, он был по достоинству оценен специалистами. Этот алгоритм в настоящее время получил наибольшее практическое применение в задачах нечеткого моделирования [12, 13].

Нечеткая переменная – это кортеж вида $\langle \alpha, A \rangle$, где:

α – имя нечеткой переменной;

X – её область определения;

A – нечеткое множество на универсуме X .

Данный алгоритм описывает несколько последовательно выполняющихся этапов, соответствующих диаграмме деятельности процесса нечеткого вывода: формирование базы правил, фазификация, агрегирование подусловий, активация подзаключений, аккумулярование заключений, дефазификация [1, 2, 3, 4]. При этом каждый последующий этап получает на вход значения, полученные на предыдущем шаге. Специфика алгоритма в том, что он работает по принципу «черного ящика», как в кибернетике. На вход поступают количественные значения, на выходе формируются выходные переменные. На промежуточных этапах используется аппарат нечеткой логики и теория нечетких множеств. При исследовании можно манипулировать привычными числовыми данными, но при этом использовать гибкие возможности, которые предоставляют системы нечеткого вывода. Для реализации алгоритма применяется объектно-ориентированный подход [1, 3, 4]. Исходный код записывается на языке программирования Java. Правила (Rule) состоят из условий (Condition) и заключений (Conclusion), которые в свою очередь являются нечеткими высказываниями (Statement). Нечеткое высказывание включает в себя лингвистическую переменную (Variable) и терм, представленный нечетким множеством (FuzzySet). На нечетком множестве определена функция принадлежности, значение которой можно получить с помощью метода `getValue`. Этот метод определен в интерфейсе `FuzzySetInterface`. При выполнении алгоритма необходимо воспользоваться «активизированным» нечетким множеством `ActivatedFuzzySet`, переопределяющим функцию принадлежности нечеткого множества `FuzzySet`. Также в алгоритме используется объединение нечетких множеств (`UnionOfFuzzySets`), которое имеет функцию принадлежности, определенную в

`FuzzySetInterface`. Алгоритм Мамдани включает в себя все этапы, перечисленные выше, и использует базу правил (`List<Rule>`) в качестве входных данных. Также алгоритм предполагает использование «активизированных» нечетких множеств (`ActivatedFuzzySet`) и их объединений (`UnionOfFuzzySets`). Таким образом, этапы нечеткого вывода выполняются последовательно. И все значения, полученные на предыдущем этапе, могут использоваться на следующем [3, 4, 12, 13].

Для успешного применения на практике алгоритмов управления они должны быть достаточно простыми для реализации и понимания. По последним данным, большинство японских предприятий всё ещё используют обычные PID-контроллеры. Кроме того, алгоритмы должны обладать способностью к обучению, гибкостью, устойчивостью, нелинейностью. Алгоритмы, основанные на нечёткой логике, обладают некоторыми из указанных свойств, благодаря чему они и получили в настоящее время достаточно широкое распространение.

Для многих производственных процессов сложно обеспечить точное управление. Технологические производственные процессы обычно являются многомерными, нелинейными, изменяются во времени и пространстве. Управление на основе нечёткой логики может успешно применяться именно для таких сложных процессов. Кроме того, нечёткие контроллеры могут работать с трудно формализуемыми и не полностью определёнными системами потому, что для них, в отличие от традиционных адаптивных контроллеров, не требуется строгая математическая модель объекта управления. Преимуществом нечётких контроллеров является и то, что они могут быть легко реализованы на цифровых или аналоговых элементах систем документооборота СБИС. Нечётко-логический контроллер разрабатывается по лингвистическим правилам, что тесно связано с технологией, основанной на знаниях. Построение систем интеллектуального управления по данной технологии предполагает выполнение следующих этапов [1, 3, 4, 5]:

- определение входов и выходов создаваемой системы управления;
- задание для каждой из входных и выходных переменных функции принадлежности;
- разработка базы нечётких правил;
- выбор и реализация алгоритма нечёткого логического вывода;
- анализ процесса управления созданной системы.

Функции принадлежности, определённые на входных переменных, применяются к их фактическим значениям для определения степени истинности каждой предпосылки, каждого правила. Алгоритм Мамдани и многие другие алгоритмы нечеткого вывода уже реализованы в таких продуктах, как Fuzzy Logic Toolbox (расширение для MatLab), fuzzyTECH и многих других [12, 13]. Поэтому детальное рассмотрение алгоритма в статье носит больше теоретическую ценность, чем практическую. Однако заметим, что, только имея под собой прочный фундамент из знаний и понимания основ работы алгоритма, появляется возможность применять его с максимальным эффектом. Не смотря на множество преимуществ КНЛ имеет и недостаток, заключающийся в непосредственном участии технолога в процессе управления. Следовательно, успех реализации контроллера зависит от опыта оператора.

Рассмотрим подробнее принцип работы КНЛ. Все системы с нечеткой логикой функционируют по одному принципу: показания измерительных приборов фаззифицируются, обрабатываются, дефаззифицируются [3, 4]. Формально алгоритм Мамдани может быть определен следующим образом:

- Формирование базы правил систем нечеткого вывода.
- Фаззификация входных переменных.
- Агрегирование подусловий в нечетких правилах продукций.

- Активизация подзаключений в нечетких правилах продукций.

- Аккумуляция заключений в нечетких правилах продукций

- Дефаззификация выходных переменных.

Структурная схема системы управления с нечеткой логикой представлена на рисунке 1.

Рассмотрим подробнее структуру системы. Фаззификация – процесс преобразования обычных четких переменных в нечеткие. Диапазон изменения переменной разбивается на множества (подмножества), в пределах каждого из которых строится функция принадлежности переменной каждому из множеств. Чаще всего функции принадлежности имеют треугольную, наиболее распространенную форму, хотя в общем случае они могут быть любыми исходя из смысла решаемой задачи [1, 3, 4]. Для нечетких множеств существует общепринятая система обозначений. Для выполнения функции регулирования над нечеткими переменными должны быть выполнены операции, построенные на основании высказываний оператора, сформулированных в виде нечетких правил. Совокупность нечетких правил и нечетких переменных используется для осуществления нечеткого логического вывода, результатом которого является управляющее воздействие на объект управления. Согласно исследованиям, проведенным в производственных условиях [8, 9, 10, 11], технологический процесс автоматически подстраивался

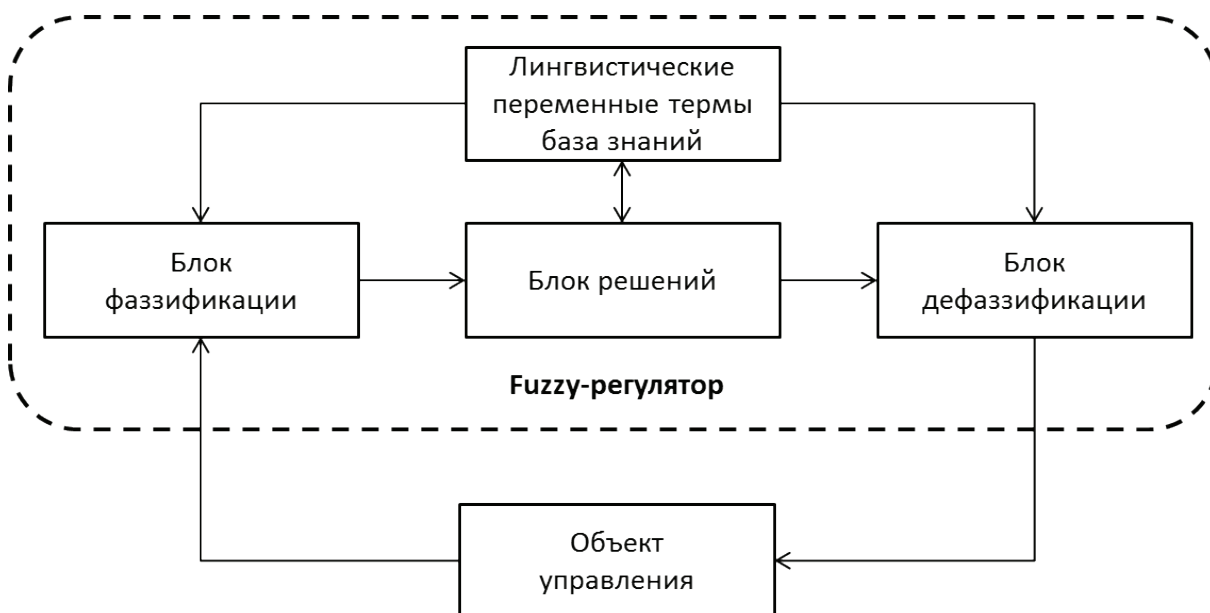


Рисунок 1 – Структурная схема системы с нечеткой логикой
Figure 1 – Block diagram of the system with fuzzy logic

РАЗДЕЛ IV. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

под температурные условия функционирования, и система проявляла свойство адаптивности. Нечеткий регулятор на объекте повысил уровень автоматизации управления за счет автоматизации интеллектуальных функций технолога, ведущего процесс в условиях ис-

пользования обычного многоканального регулирования параметров процесса. Интересные результаты экспериментов и сравнительного анализа PID-регулятора и КНЛ представлены на рисунках 2, 3.

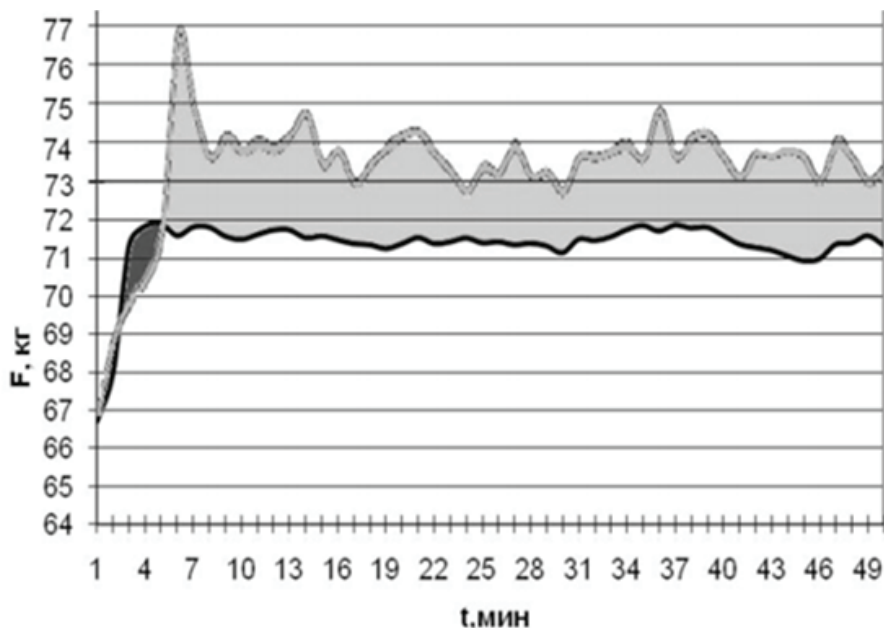


Рисунок 2 – График переходного процесса изменения расхода пара
Figure 2 – Transition scheme of the process in steam consumption changing

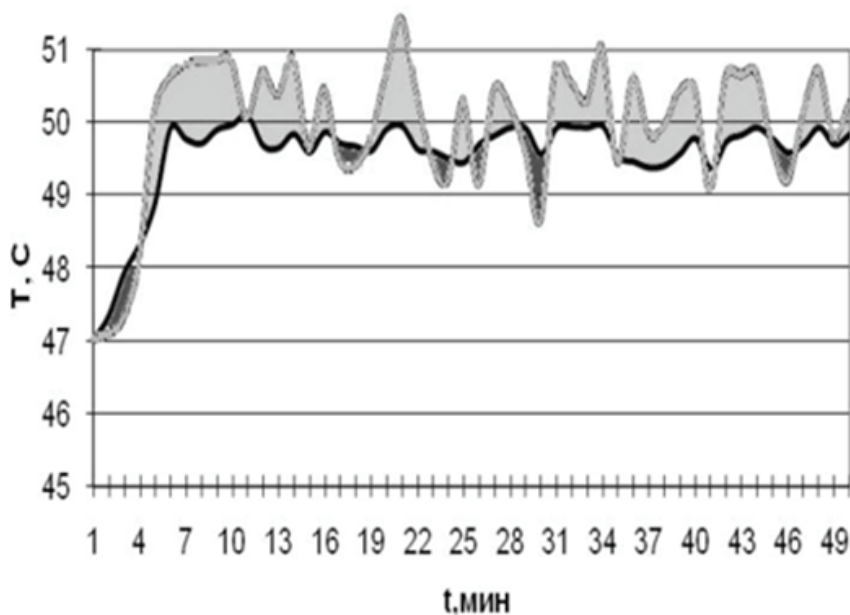


Рисунок 3 – График переходного процесса изменения температуры
Figure 3 – Transition scheme of the process in temperature changing

Графики изображают переходные процессы: верхние кривые для PID-регулятора, нижние – для нечетких регуляторов [8, 9, 10, 11]. Согласно графикам нечеткий регулятор обеспечивает более устойчивое и мягкое управление по сравнению с PID-регулятором. С недостатками при PID-регулировании связано снижение интенсивности течения технологического процесса вследствие значительных амплитудных колебаний, а также увеличение расхода пара в среднем на 10% на поддержание той же температуры. Система управления на базе нечеткого регулятора с лингвистической обратной связью и автоматической модификацией продукционных правил позволяет в среднем снизить затраты электроэнергии на 8% и энергоресурсов на 10% [11, 12, 13].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассмотрим применение КНЛ для системы управления поддержания параметров микроклимата как частный случай комплекса систем жизнеобеспечения здания [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]. Для описания были выбраны основные энергоемкие параметры микроклимата системы жизнеобеспечения:

- температура внутренней среды;
- влажность воздуха внутри помещений;
- качественный состав воздуха (на примере углекислого газа – CO);

- внешние возмущающие факторы (воздействие окружающей среды);

- внутренние возмущающие факторы объекта (управляющие параметры).

По результатам исследований основных параметров объекта авторами предложена система нечеткого управления параметрами микроклимата рассматриваемого объекта управления. Общая структура системы нечеткого управления параметрами микроклимата представлена на рисунке 4.

ОБСУЖДЕНИЯ

С целью создания адаптивной системы управления микроклиматом комплекса предложено использовать нечеткий регулятор. Дальнейшие задачи разработки интеллектуальной системы связаны с получением результатов моделирования в среде Matlab Simulink. Предполагается учёт анализа особенностей объекта автоматизации, разработка материального и теплового балансов, комплексное исследование взаимосвязей систем регулирования температуры, влажности, концентрации углекислого газа в помещении с учетом многосвязности параметров, а также внешнего и внутреннего воздействия на объект. Центральным вопросом является постановка задачи управления, осуществление этапов исследования: фаззификации; формулирования

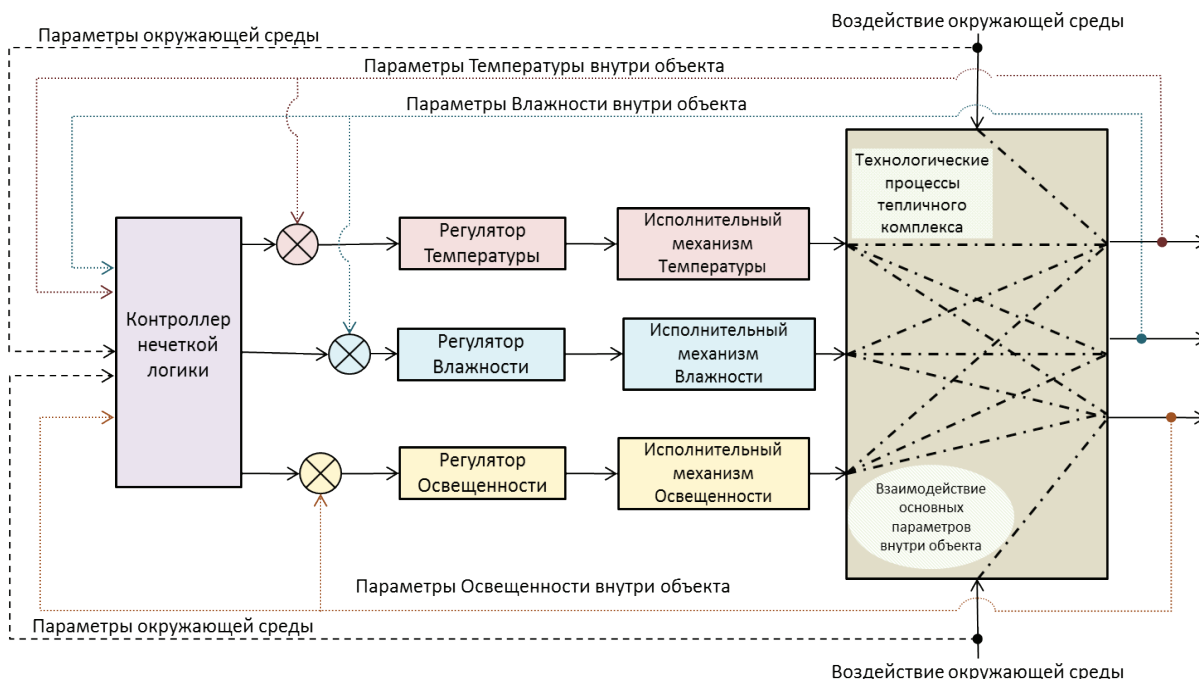


Рисунок 4 – Система нечеткого управления жизнеобеспечения объекта
Figure 4 – The system of fuzzy support of the object

базы правил; определения алгоритма нечеткого вывода; дефазсификации; реализации алгоритма нечёткого управления для системы жизнеобеспечения здания. Также одной из тактических задач авторами считается проведение комплексного сравнительного анализа различных систем управления для поддержания параметров микроклимата: PID-регулятора, КНЛ и комбинированной системы.

ВЫВОД

Таким образом, согласно обзору и анализу исследований в области применения методов нечёткой логики и несмотря на имеющиеся недостатки нечётких систем, связанные с необходимостью учёта опыта эксперта-технолога при построении регуляторов, с необходимостью большой производительности микроконтроллеров, за нечёткой логикой перспективное будущее. Использование нечётких регуляторов позволяет: добиться лучших результатов по сравнению с классическими регуляторами, даёт возможность определить параметры повышения экономической эффективности при использовании контроллера нечёткой логики в системе адаптивного управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлов А.И. Теория принятия решений. Москва. 2004. 656 с.
2. Хайкин С. Нейронные сети. Москва : Вильямс, 2008. 1104 с.
3. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. Москва. Горячая Линия, Телеком, 2013. 384 с.
4. Васильев В.И. Интеллектуальные системы управления. Москва. Радиотехника, 2009. 387 с.
5. Shepherd A.B., Batty W.J., Fuzzy control strategies to provide cost and energy efficient high quality indoor environments in buildings with high occupant densities, Building Service Engineering Research and Technology. no. 24 (2003), pp. 35 – 45.
6. Садовничий В.А. Суперкомпьютерные технологии в науке, образовании и промышленности. Москва. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2009. 232 с.
7. Цюй Дуныоз Управление мобильным роботом на основе нечётких моделей. Современные проблемы науки и образования. 2007. № 6 С. 115 – 121.
8. Алиев Р.А. Управление производством при нечёткой исходной информации, Москва, Энергоатомиздат, 1991.
9. Пешко М.С. Адаптивная система интеллектуального управления параметрами технологических процессов в пищевой промышленности. Омский научный вестник. 2015. № 2 (140). С. 118 – 122.
10. Пешко М.С. Задача фазификации параметров процесса вегетации при построении нечеткого регулятора. Омский научный вестник. 2013. № 2 (120). С. 290 – 293.
11. Колязов К.А. Энергосберегающая система управления на основе нечеткого алгоритма. [Энергоэффективность и энергобезопасность на предприятиях промышленности и жилищно-коммунального хозяйства] Уфа : АН РБ; Гилем, 2010. С. 119 – 123.
12. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. Санкт-Петербург. БХВ-Петербург, 2003. 736 с.
13. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. Москва. Горячая линия–Телеком, 2007. 288 с.
14. Shilkina S.V., Trusov A.A. The Effectiveness of implementing automated ventilation system in premises intended for public use [International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2014)]. A Science and Technology Multidisciplinary Journal, <http://ciencia-e-tecnica.org/submit.html>, 2014. Applied Mechanics and Materials", 2014, pp. 351 – 353
15. Шилкина С.В. Оптимизация технического решения по результатам проведенного ТЭО для повышения эффективности проекта // Вестник гражданских инженеров 2017. №6 (65). С.355 – 363.
16. Афонский А.А. Цифровые анализаторы спектра, сигналов и логики. Москва. СОЛОН-ПРЕСС, 2009. 247 с.
17. Девяткин Л.Ю. Трехзначные семантики для классической логики высказываний. Москва. Институт философии РАН, 2011. 108 с.
18. Лубенцова Е.В. Системы управления с динамическим выбором структуры, нечеткой логикой и нейросетевыми моделями. Ставрополь. Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. 248 с.
19. Солдатенков А.С. Математическое моделирование системы управления теплотреблением комплекса зданий. Белгород. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. 176 с.
20. Коноплева И.А. Информационные системы и технологии управления. Москва. ЮНИТИ-ДАНА, 2017. 591 с.

THE CONTROLLER OF FUZZY LOGIC IN THE MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

S.V. Shilkina, E.N. Fokina

ABSTRACT

Introduction. The current stage of progress is associated with the development and implementation of intelligent systems and technologies that provide the formation of clear solutions based on fuzzy rules, fuzzy conclusion and fuzzy control. However, the classical control methods work well only with a completely deterministic control object and deterministic environment, but for fuzzy information systems and highly complex control object, fuzzy control methods are optimal.

Material and methods. Moreover, the process of decision-making by a person in the management of

technological processes is modeled and simulated by a fuzzy controller with a base of rules. In recent years, "fuzzy" control has been successfully used to manage and operate a number of systems.

Discussion and results. *Therefore, this article is devoted to the consideration of fuzzy logic controller's application in management systems and existing research methods' analysis in the field of intelligent control technologies for solving the problems of adaptation of applied models and algorithms to various objects and systems, particularly to the systems for maintaining the microclimate parameters of the building's life support environment, and also to the basic parameters of increasing the economic efficiency of using the fuzzy logic controller in the control system.*

Conclusion. *Analyzed control methods based on fuzzy logic are applicable to various technological objects and systems. As a further study, it is planned to consider the issues of fuzzy control of various life support systems of a modern building.*

KEYWORDS: *Intelligent technologies, fuzzy logic control, controller, regulator, actuator, algorithm.*

REFERENCES

1. Orlov A.I. Teoriya prinjatija reshenij [Theory of decision-making]. Moscow, Mart, 2004. 656 p.
2. Khaikin S. Nejronnye seti [Neural networks]. Moscow, vil'yams, 2008, 1104 p.
3. Rutkowski D., Pilinsky M., Rutkovsky L. Nejronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy [Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems]. Moscow, Hot Line – Telecom, 2013. 384 p.
4. Vasiliev V.I. Intellekturnye sistemy upravlenija [Intelligent control systems]. Theory and practice: textbook. Moscow, Radiotekhnika, 2009. 387 p.
5. Shepherd A.B. Batty W.J., Fuzzy control strategies to provide cost and energy efficient high quality indoor environments in buildings with high occupant densities, Building Service Engineering Research and Technology no. 24, (2003) pp. 35 – 45.
6. Sadovnichy V.A. Superkomp'yuternye tehnologii v nauke, obrazovanii i promyshlennosti [Supercomputer technologies in science, education and industry]. Moscow, Moscow state University named after M.V. Lomonosov, 2009. 232 p.
7. Qu Dunyue Cjui Dun'juje Upravlenie mobil'nym robotom na osnove nechjotkih modelej [Control of mobile robot based on fuzzy models]. Modern problems of science and education. 2007, no. 6, pp. 115 – 121.
8. Aliyev R.A. Upravlenie proizvodstvom pri nechjotkoj ishodnoj informacii [Production Management at fuzzy initial information]. Moscow, Energoatomizdat, 1991.
9. Peshko M.S. Adaptivnaja sistema intellektual'nogo upravlenija parametrami tehnologicheskix processov v pishhevoj promyshlennosti [Adaptive system of intellectual control of technological processes parameters in the food industry]. Omsk scientific Bulletin. 2015, no. 2 (140), pp. 118 – 122.
10. Pesko M.S. Zadacha fazifikacii parametrov procesa vegetacii pri postroenii nechetkogo reguljatora [The Task of gazifikatsii parameters of the process of vegetation when building a fuzzy controller]. Omsk scientific Bulletin. 2013, no. 2 (120), pp. 290 – 293.
11. Kolesov K.A. Jenergosberegajushhaja sistema upravlenija na osnove nechetkogo algoritma [Energy efficiency and energy security in industrial enterprises and housing and communal services]. Ufa, an RB, Gil'em, 2010. pp. 119 -123.
12. Leonenko A.V. Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH [Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzy-TECH]. Saint-Petersburg, BHV-Peterburg, 2003. 736 p.
13. Shtovba S.D. Proektirovanie nechetkix sistem sredstvami MATLAB [Design of fuzzy systems by means of MATLAB]. Moscow, Goryachaya Liniya–Telekom, 2007. 288 p.
14. Shilkina S.V., Trusov A.A. The Effectiveness of implementing automated ventilation system in premises intended for public use [International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2014)]. A Science and Technology Multidisciplinary Journal, <http://ciencia-e-tecnica.org/submit.html>, 2014. Applied Mechanics and Materials, 2014. pp. 351 – 353.
15. Shilkina S.V. Optimizacija tehničeskogo reshenija po rezul'tatam provedennogo TJeO dlja povyšeniya jeffektivnosti proekta [Optimization of technical solutions based on the results of feasibility study to improve the effectiveness of the project]. Bulletin of civil engineers. 2017, no. 6 (65), pp.355 – 363.
16. Apfonskiy A.A. Cifrovye analizatory spektra, signalov i logiki [Digital spectrum analyzers, signal and logic]. Moscow, SOLON-PRESS, 2009. 247 p.
17. Devyatkin Y.L. Trehznachnye semantiki dlja klassicheskoj logiki vyskazyvanij [Three-valued semantics for classical propositional logic]. Moscow, Institute of philosophy, RAN, 2011. 108 p.
18. Lubentsova E.V. Sistemy upravlenija s dinamičeskim vyborom struktury, nechetkoj logikoj i nejrosetevymi modeljami [Control Systems with dynamic choice of structure, fuzzy logic and neural network models]. Stavropol, North Caucasus Federal University. 2014. 248 p.
19. Soldatenkov A.S. Matematicheskoe modelirovanie sistemy upravlenija teplopotreblenij kompleksa zdaniy [Mathematical modeling of the heat management system of the complex of buildings Belgorod]. Belgorod, Belgorod state technological University V.G. Shukhov, ABS ASV, 2015. 176 p.
20. Konopleva I.A. Informacionnye sistemy i tehnologii upravlenija [Information systems and technology management]. Moscow, YUNITI-DANA, 2017. 591 p.

Поступила 07.02.2018, принята к публикации 15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шилкина Светлана Вячеславовна (г. Москва, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и электро-снабжения, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ) (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, e-mail: shilkina@bk.ru).

Shilkina Svetlana Vyacheslavovna (Moscow, Russia) – Ph.D, Assistant Professor, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU) (Russia, 129337,

РАЗДЕЛ IV.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Moscow, Yaroslavskoye Shosse, 26, e-mail: shilkina@bk.ru).

Фокина Екатерина Николаевна (г. Москва, Россия) – старший преподаватель кафедры автоматизации и электроснабжения, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ) (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, e-mail: FokinaEN@mgssu.ru).

Fokina Ekaterina Nikolaevna (Moscow, Russia) – Senior Lecturer, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU) (Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye Shosse, 26, e-mail: FokinaEN@mgsu.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Шилкина С.В. 50%.

Фокина Е.Н. 50%.

|||||

РАЗДЕЛ V. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 331.104

ИННОВАЦИОННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ПОНЯТИЙ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ТРУДА

Ю.В. Баранов

ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В данной статье рассмотрены понятия в сфере охраны труда, содержание которых, по мнению автора, не учитывается в полной мере современных требований процесса экономического развития. Подъем экономики и рост уровня жизни населения возможен только через фактор работающего человека, не решая социальных вопросов коллектива, экономические задачи решить проблематично или невозможно. Одним из основных рычагов управления экономической деятельностью должна являться заработная плата, выплачиваемая за труд, а не за явку на работу.

Материалы и методы. На современном этапе перехода на инновационную экономику получает развитие именно коллективно-договорная форма регулирования социально-трудовых отношений, в том числе и в сфере охраны труда. Таким образом, взаимная заинтересованность работодателя и наемного работника в улучшении условий и охраны труда должна стать основой в разработке и решении поставленных задач.

Результаты. Предложены формулировки отдельных понятий в сфере охраны труда.

Обсуждение и заключение. В результате проведенного исследования сделан вывод, что охрана труда – это социально-трудовые отношения между участниками трудового процесса по поводу безопасности труда, а не система организационно-технических, санитарно-гигиенических и других мероприятий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: охрана труда, безопасность труда, социально-трудовые отношения в сфере охраны труда, организация охраны труда.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития инновационной экономики отношение к охране труда, как к неотъемлемой части производственной деятельности, существенно меняется. Сегодня охрана труда рассматривается как система сохранения жизни и здоровья работников, включая в себя социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические и другие мероприятия. При этом следует понимать, что данные меры разрабатывают и реализуют участники трудового процесса, т.е. работодатель и наемные работники. Результат этой работы по обеспечению безопасности труда зависит непосредственно от уровня развития социально-трудовых или социально-экономических отношений, их правильного формирования и регулирования. Же-

лательно, чтобы эти задачи определялись в применяемых понятиях в сфере охраны труда.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

В Большом энциклопедическом словаре издательства «Большая российская энциклопедия» понятие «труд» обозначается как «целесообразная деятельность человека, направленная на сохранение, видоизменение, приспособление среды обитания для удовлетворения своих потребностей, на производство товаров и услуг», в Толковом словаре русского языка С.И. Ожегова и Н.Ю. Шведовой – «целесообразная деятельность человека, направленная на созидание с помощью орудий производства материальных и духовных ценностей». Если рассматривать понятие «труд» как процесс созидательной целесообразной

деятельности людей, то следует обратить внимание на взаимодействие участников этого процесса, т.е. собственников средств производства и собственников рабочей силы.

Рассматривая категорию «охрана» применительно к труду выберем значение «охранять, относиться бережно»[1]. Таким образом, «охрана труда» также относится к процессу деятельности людей, имеющих непосредственное отношение к трудовому процессу. Обеспечить бережное отношение к труду – значит обеспечить безопасность для участников процесса труда. Эту задачу можно решить только совместными усилиями работодателя и работников при соответствующей договоренности по данному поводу. К сожалению, общепринятое понятие «охрана труда» не учитывает необходимости формирования и регулирования социально-трудовых отношений в сфере охраны труда.

Трудовой кодекс Российской Федерации (ТК РФ) определяет: «Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия»[2].

В Российской энциклопедии по охране труда действующее понятие «охрана труда» рассмотрено в трех аспектах: институт данной отрасли права; элемент трудового правоотношения; субъективное право работника [3].

Как институт трудового права «охрана труда» – это совокупность правовых норм, направленных на обеспечение безопасных и здоровых условий труда работников.

Как элемент трудового правоотношения «охрана труда» представляет собой встречные (корреспондирующие друг с другом) права и обязанности работника и работодателя по соблюдению требований безопасности условий труда, безопасной эксплуатации техники и соблюдению в интересах безопасности труда технологии производства.

В качестве субъективного права работников «охрана труда» состоит в законодательном закреплении такого правового положения работников, при котором им должны быть обеспечены безопасные и здоровые условия труда. Это право реализуется в конкретных трудовых правоотношениях. Субъективное право каждого работника – право на безопасные и здоровые условия труда при осуществлении той трудовой функции, которую он обязался выполнить по трудовому договору.

Конечно, редакция энциклопедии по охране труда сделала прорыв в понятии «охрана труда», расширив его смысловое содержание. Особое значение, по мнению автора, имеет аспект, когда «охрана труда» представляет собой встречные права и обязанности работника и работодателя по соблюдению требований охраны труда, а это ни что иное как согласованные взаимовыгодные отношения в сфере охраны труда.

В то же время отсутствуют официальные определения понятий: «система сохранения жизни и здоровья работников», «социально-трудовые отношения в сфере охраны труда», «мероприятия по охране труда», «организация охраны труда» и другие.

До сих пор на практике и в средствах массовой информации используется понятие «техника безопасности» одновременно с «охраной труда». Так, причиной несчастного случая на производстве часто представляется «нарушение охраны труда и техники безопасности».

В соответствии со словарными и энциклопедическими изданиями «техника безопасности» трактуется в основном как «система технических мероприятий, обеспечивающих здоровые и безопасные условия труда». Правила по технике безопасности «содержат обязательные требования, которым должны удовлетворять предприятия в целом, производственные помещения, все виды оборудования и технологические процессы с точки зрения безопасности труда» или представляют «систему организационных и технических мероприятий и средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов».

«Техника безопасности» – устаревший термин, практически не применяется и не встречается в официальных документах. В терминологии Трудового кодекса РФ аналогом понятия «техника безопасности» являются понятия: «требования охраны труда» – государственные нормативные требования охраны труда, в том числе стандарты безопасности труда, а также требования охраны труда, установленные правилами и инструкциями по охране труда; «стандарты безопасности труда» – правила, процедуры, критерии и нормативы, направленные на сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности и регламентирующие осуществление социально-экономических, организационных, санитарно-гигиенических, лечебно-профилактических, реабилитационных мер в области охраны труда.

А.Г. Федорец считает, что, пока существует такой специфический вид отношений как «трудовые отношения», без «охраны труда» не обойтись и предлагает для действительно-го улучшения ситуации с сохранением жизни и здоровья работников отделить «охрану труда» от деятельности по защите работников от воздействия вредных и опасных факторов производственного процесса, т.е. от обеспечения «безопасности труда».

«Безопасность труда», по мнению А.Г. Федореца, не попадает в сферу прямого государственного регулирования, так как обеспечивается не соблюдением «условий труда на рабочем месте» и «правил охраны труда», а в производственном процессе с непосредственным участием человека. В этом случае «безопасность труда» обеспечивается исключительно квалификацией персонала как непосредственно выполняющего работу, так и квалификацией проектировщиков и организаторов производственного процесса. Тогда «охрана труда» рассматривается как социально-политическая деятельность, объектом которой являются отношения, возникающие между работником и работодателем, касающиеся всех вопросов трудовых отношений, влияющих на жизнь и здоровье работника, включая вопросы безопасности труда.

В итоге предлагается формулировка понятия «охрана труда» – система правовых норм и общественных институтов, направленных на защиту прав и интересов наемных работников в трудовых отношениях от работодателя [4].

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 года №2178-р утвержден график создания информационно-технических справочников по НДТ (наилучшие доступные технологии) с применением общей терминологии.

Представленный Словарь-справочник терминов и определений в области НДТ сформирован на основе анализа и систематизации понятийных аппаратов, используемых в действующих российских нормативных правовых актах (законодательных актах, национальных стандартах и других нормативных документах) и в европейских справочниках НДТ (BREF), с последующим выявлением и устранением противоречий [5]. В словаре собраны термины и определения в том числе в области безопасности труда, безопасности технологических процессов и производств, производственной безопасности. «Охрана труда» в данном издании не отмечена.

Приведем следующие примеры из словаря:

– «безопасность производственного оборудования»: свойство производственного оборудования соответствовать требованиям безопасности труда при монтаже (демонтаже) и эксплуатации в условиях, установленных нормативно-технической документацией;

– «безопасность производственного процесса»: свойство производственного процесса соответствовать требованиям безопасности труда при проведении его в условиях, установленных нормативно-технической документацией;

– «безопасность труда» (безопасность условий труда): состояние условий труда, при которых воздействие на работающего опасных и вредных производственных факторов исключено или воздействие вредных производственных факторов не превышает предельно допустимых значений;

– «организация производства»: совокупность правил, ресурсов, процессов и действий, обеспечивающих форму и порядок труда для преобразования вещественных элементов производства в целях создания продукции, оказания услуг с повышением эффективности производства, увеличением прибыли, безопасности и ресурсосбережения;

– «безопасность продукции и связанных с ней процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации»: состояние, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни и здоровью граждан, имуществу физических и юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни, здоровью животных и растений.

Следует отметить, что принятие Федерального закона от 27.12. 2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании» вывело из понятия «охрана труда» технические меры обеспечения безопасности, реализуемые в оборудовании, инструментах, проектах организации строительства и производства работ, в сырье и материалах, в технологиях. К государственным нормативным требованиям по охране труда также не относятся «пожарная безопасность» и «санитарные правила».

В работе Г.З. Файнбурга приводятся научные основы построения системы понятий и именующих их терминов обеспечения охраны труда, определен двойственный характер труда как материального процесса преобразования окружающего мира и социального отношения присвоения продукта труда, термины системы разбиты на группы в соответствии с логикой организации охраны труда [6].

В своей работе С.П. Какаулин, проводя анализ определения «охрана труда» статьи 209 Трудового кодекса РФ, обращает внимание на то, что выражение «система сохранения жизни и здоровья работников» фактически не имеет юридического смысла. Более грамотным и правильным было бы данное определение сформулировать как «система мероприятий по сохранению жизни и здоровья работников», так как под системой мероприятий необходимо подразумевать целый спектр соответствующих мер и мероприятий. Словосочетание «система сохранения» не дает возможности утверждать, что оно обозначает систему мер и мероприятий [7].

С.П. Какаулин дает следующее определение: «Охрана труда – система обеспечения безопасности жизни, сохранения здоровья и работоспособности работников в процессе трудовой деятельности, включая в себя правовые, социальные, экономические, организационные, технические, лечебные и иные трудовоохраняющие мероприятия, направленные на достижение целей охраны труда» [7].

Н.К. Кульбовская в определении понятия «охрана труда» акцентирует внимание на требованиях безопасности и гигиены труда, не останавливаясь на средствах достижения этих требований, применяя термины Международной организации труда (МОТ): «Охрана труда – обеспечение безопасности и гигиены труда в целях сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности» [8].

Аналогичного мнения в определении понятия «охрана труда» придерживаются Ек.В. Шанина и Е.В. Шанина: «Охрана труда – система мероприятий по обеспечению безопасности, гигиены труда и управления профессиональными рисками на рабочих местах в целях сохранения жизни, здоровья и работоспособности работников в процессе их трудовой деятельности» [9].

Вызывает определенный интерес определение «охрана труда», представленное в работе А.Г. Федорца: «Охрана труда – часть системы трудовых отношений, направленная на установление правовых основ обеспечения безопасности наемного труда» [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Нетрудно заметить, что слово «мероприятия» или «меры» имеет место во всех представленных определениях. Создавшаяся ситуация по наличию терминов близкого и повторяющегося содержания является следствием недостаточной отработки понятийного

аппарата в сфере охраны труда. Требуется обновление понятия «охрана труда» и уточнение или дополнение других, обязательно учитывая влияние социально-трудовых отношений на безопасность труда и охрану труда в целом.

Такой подход позволяет повысить взаимосвязь понятий в данной сфере и эффективность их применения в практике социально-трудовых отношений.

Вышеприведенный анализ позволяет сформулировать понятия в сфере охраны труда следующим образом:

«охрана труда» – представляет собой социально-трудовые отношения между органами государственной власти, работодателями и наемными работниками, сформированные на всех уровнях экономической деятельности, для решения задач по сохранению жизни и здоровья работающего населения;

«организация охраны труда» – процесс формирования и регулирования социально-трудовых отношений между участниками трудового процесса по поводу безопасности труда, включая разработку и утверждение документов-регуляторов этих отношений;

«социально-трудовые отношения в сфере охраны труда» – коллегиально сформированные отношения между субъектами трудового процесса на основе взаимной заинтересованности в обеспечении безопасности труда.

Предложенное обновление понятий в сфере охраны труда, по мнению автора, носит концептуальный характер и соответствует современному периоду развития инновационной экономики в нашей стране.

В этой связи необходимо отметить, что в конвенциях и рекомендациях Международной организации труда (МОТ) не употребляется термин «охрана труда». Основные применяемые термины звучат как «гигиена труда», «гигиена», «безопасность и гигиена труда», «охрана здоровья» и т.д. Таким образом, данные изменения в терминологии международный уровень не затрагивают.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основу экономического благополучия любого предприятия и государства в целом, без сомнения, составляет труд работников, поэтому регулирование социально-трудовых отношений во всех сферах трудовой деятельности, в том числе в охране труда, является элементом эффективного управления производством. Обеспеченный здоровыми и безопасными условиями труда работник является основным экономическим ресурсом «новой экономики». Данное уточнение понятий в сфере охраны

труда повышает значение коллективно-договорного регулирования социально-трудовых отношений, а также роль самих работников в обеспечении безопасности труда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка. М. : Большая российская энциклопедия, 2003.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации. М. : Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2011. 192 с.
3. Российская энциклопедия по охране труда: В 2 т. Т.1: А-О / гл. ред. А.П. Починок. М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2005. 384 с.
4. Федорец А.Г. Охрана труда – 2015 и другие интересные вопросы профессиональной охраны специальных рисков от безопасности труда: научно-практическое издание. М. : ИБТ, 2015. 136 с.
5. Самарская Н.А., Румянцева А.В., Лекомцева Е.В. Охрана труда, гигиена труда, экономика труда. Словарь-справочник терминов и определений. 2017. 318 с.
6. Файнбург Г.З. Понятийно-терминологическая система охраны труда. Охрана и экономика труда. 2016. № 1. С. 75 – 84.
7. Какаулин С.П. Экономика безопасного труда: учебно-практическое пособие. М. : Изд-во «Альфа-Пресс», 2007. 192 с.
8. Кульбовская Н.К. Термины и понятия в сфере охраны труда. Трудовое право. 2007. №7. С. 53 – 56.
9. Шанина Е.К., Шанина Е.В. К вопросу об определении понятия «охрана труда». Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 6. С. 86 – 88.
10. Федорец А.Г. «Охрана труда» и «безопасность труда» в системах управления. Безопасность и охрана труда. 2016. № 2 (67). С. 58 – 63.

11. Юридический энциклопедический словарь / гл. ред. А.Я. Сухарев; Редкол. : М.М. Богуславский и др. 2-е изд., доп. М. : Сов. Энциклопедия, 1987. 528 с.
12. Горбачева А.В. К вопросу о понятии «охрана труда». Вестник Волгоградского государственного университета. Сер.5, Юриспруд. 2015. № 1 (26). С. 116 – 120.
13. Федорец А.Г. Организационно-правовые проблемы современного этапа реформирования национальной системы управления охраной труда. Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. 2011. № 3. С. 29 – 35.
14. Кульбовская Н.К. Экономика охраны труда. Монография. М. : Экономика, 2011. 247 с.
15. Анохин А.В. Охрана труда в Российской Федерации. Монография. Москва. 2016. 264 с.
16. Баранов Ю.В. Региональный опыт формирования и регулирования социально-трудовых отношений в сфере охраны труда : монография. Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013. 240 с.
17. Силаева Е.В., Демина А.В. Безопасность и охрана труда на предприятии и пути их совершенствования. Экономика и социум. 2013. № 2 – 3 (7). С. 109 – 112.
18. Богданова Ю.С. Безопасность труда и охрана здоровья персонала как элемент социально-ориентированной концепции управления организацией. Экономика и социум. 2016. № 3 (22). С. 170 – 175.
19. Балашова Л.А., Тришкина Н.И. Современное управление охраной труда на отечественных предприятиях: культура безопасности XXI века. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 5 – 5. С. 23 – 25.
20. Турекулова Д.М., Мухамбетова Л.К., Абилябаева С.А. Охрана и безопасность труда в системе социального партнерства. Вестник университета Туран, 2015. № 1 (65). С. 114 – 120.

INNOVATION CHANGE OF TERMS' DEFINITION IN LABOR PROTECTION SPHERE

Y.V. Baranov

ABSTRACT

Introduction. The article considers concepts in the labor protection sphere, which, by the author's opinion, don't take into account the current requirements of the economic development process, including such processes as the economic recovery and the growth of the living standard of the population, which could be possible only through the working person's factor. Thus, without solving the social problems of the working group, the economic tasks would be problematic or impossible to solve. Accordingly, wages should be paid for labor, but not only for a job attendance and such approach would be one of the main instruments for economic activity management.

Materials and methods. The collective-contractual regulation form of social and labor relations, including the labor protection sphere, develops nowadays at the stage of innovative economy transition. Therefore, the mutual interests of the employer and the employee in conditions' improving and labor protection should become the basis for the development and solution of these problems.

Results. In addition, the definitions of certain terms in the labor protection sphere are proposed in the article.

Conclusion. It can be concluded that the term «labor protection» is determined as a social and labor relations between participants of the labor process in the safety sphere, but not as a system of organizational, technical, sanitary and other measures.

KEYWORDS: occupational safety, labor safety, social and labor relations in labor protection sphere, organization of labor protection.

REFERENCES

1. Ozhegov S.I., Shvedova N.Yu. Tolkovyi slovar russkogo yazyka [Explanatory dictionary of Russian language]. Moscow, Bolshaya Rossiyskaya Encyclopaedia, 2003.
2. Trudovoy kodeks Rossiyskoy Federatsii [Labour codex of the Russian Federation]. Moscow, EKSMO-Press, 2011. 192 p.
3. Rossiyskaya entsiklopediya po okhrane truda [Russian occupational safety encyclopaedia]. In 2 volumes. Vol. 1: A-O. Editor-in-chief A.P.Pochinok. Moscow, NTs ENAS publishers, 2005. 384 p.
4. Fedorets A.G. Okhrana truda – 2015 i drugie interesnye voprosy professionalnoy okhrany spetsialnykh riskov ot bezopasnosti truda [Occupational Safety–2015 and other interesting issues of professional protection of the special risks of labour safety]. Academic and practical issue. Moscow, IBT, 2015. 136 p.
5. Samarskaya N.A., Rumyantseva A.V., Lekomtseva E.V. Okhrana truda, gigiena truda, ekonomika truda [Occupation safety, occupation hygiene, occupation economics]. Dictionary-reference of terms and definitions. 2017, 318 p.
6. Fainburg G.Z. Ponyatiyno-terminologicheskaya sistema okhrany truda [Conceptually-terminological system of occupational safety]. Okhrana i ekonomika truda, 2016, no. 1, pp. 75 – 84.
7. Kakaulin S.P. Ekonomika bezopasnogo truda [The economics of safe labour]. Practical study guide. Moscow, Alfa-Press publishers, 2007. 192 p.
8. Kulbovskaya N.K. Terminy i ponyatiya v sfere okhrany truda [Terms and concepts in the field of occupational safety]. Trudovoye pravo, 2007, no. 7, pp. 53 – 56.
9. Shanina Ek., Shanina E.V. K voprosu ob opredelenii ponyatiya «okhrana truda» [On the definition of the «occupation safety» concept]. Mezhdunarodniy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal, 2015, no. 6, pp. 86 – 88.
10. Fedorets A.G. «Okhrana truda» i «bezopasnost truda» v sistemakh upravleniya [«Occupational safety» and «occupational security» in management systems]. Bezopasnost i okhrana truda, 2016, no. 2 (67), pp. 58 – 63.
11. Yuridicheskiy entsiklopedicheskiy slovar [Encyclopaedic dictionary on law]. Editor-in-chief A.Ya. Sukharev. Editors: M.M.Boguslavskiy and others. Second edition, extended. Moscow, Sovetskaya Entsiklopediya publishers, 1987. 528 p.
12. Gorbacheva A.V. K voprosu o ponyatii «okhrana truda» [On the issue of “labour security” concept]. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta, Series 5, Law, 2015, no. 1 (26), pp. 116 – 120.
13. Fedorets A.G. Organizatsionno-pravovye problemy sovremennogo etapa reformirovaniya natsionalnoy sistemy upravleniya okhrany truda [Organizational and legal problems of the current stage of reforming the national occupational safety management system]. Okhrana truda i tekhnika bezopasnosti na promyshlennykh predpriyatiyakh, 2011, no. 3, pp. 29 – 35.
14. Kulbovskaya N.K. Ekonomika okhrany truda

[Economics of occupation safety]. Monograph. Moscow, Ekonomika, 2011. 247 p.

15. Anokhin A.V. Okhrana truda v Rossiyskoy Federatsii [Occupation safety in the Russian Federation]. Monograph. Moscow, 2016. 264 p.

16. Baranov Yu.V. Regionalniy opyt formirovaniya i regulirovaniya sotsialno-trudovykh otnosheniy v sfere okhrany truda na predpriyatii i puti ikh sovershenstvovaniya. [Regional experience in the formation and regulation of social and labour relations in the field of occupational safety]. Monograph. Omsk, OmGTU publishers, 2013. 240 p.

17. Silayeva E.V., Demina A.V. Bezopasnost i okhrana truda na predpriyatii i puti ikh sovershenstvovaniya. [Occupational security and safety in the enterprise and ways to improve them]. Ekonomika i sotsium, 2013, no. 2-3 (7), pp. 109 – 112.

18. Bogdanova Yu.S. Bezopasnost truda i okhrana zdorovya personala kak element sotsialno-orientirovannoy kontseptsii upravleniya organizatsiy [Safety and health of personnel as part of a socially-oriented management concept of the organization]. Ekonomika i sotsium, 2016, no. 3 (22), pp. 170 – 175.

19. Balashova L.A., Trishkina N.I. Sovremennoe upravlenie okhrany truda na otechestvennykh predpriyatiyakh: kultura bezopasnosti XXI veka [Modern occupation safety management in domestic enterprises: a culture of security of the XXI century]. Aktualnye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk, 2017, no. 5 – 5, pp. 23 – 25.

20. Turekulova D.M., Mukhambetova L.K., Abilbaeva S.A. Okhrana i bezopasnost truda v sisteme sotsialnogo partnerstva [Labour protection and safety in the system of social partnership]. Vestnik universiteta Turan, 2015, no. 1 (65), pp. 114 – 120.

Поступила 12.10.2017, принята к публикации 15.02.2018.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Баранов Юрий Владимирович (г. Омск, Россия) – кандидат экономических наук, профессор кафедры «Экономика и организация труда» ФГБОУ ВО «ОмГТУ» (644050, г. Омск, пр. Мира 32 а, e-mail: svetlana02@mail.ru).

Baranov Yuri Vladimirovich (Omsk, Russia) – PhD (Economy), Senior Lecturer, Department of Economics and Organization of Labour of The Omsk State Technical University (644050, Mira, 32 Ave, Omsk, Russian Federation, email:yvbaranov@yandex.ru).

УДК 314.7

МИГРАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ: МОЛОДЕЖНЫЙ АСПЕКТ

А.М. Киселева

ФГБОУ ВО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского», г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье рассмотрены молодежные миграционные процессы омского региона, обусловившие постановку проблемы миграционной безопасности территории. Это влечет за собой угрозы экономического развития региона и требует своего решения, поскольку молодежь представляет наиболее активную в профессионально-трудовом аспекте категорию населения, и основной миграционный отток связан именно с ней.

Материалы и методы. Данные региональной статистики и проведенного в рамках гранта исследования на основе опроса представителей молодежи в целом отражают негативный тренд и параметры молодежной миграционной безопасности. В качестве основных причин оттока молодых специалистов были указаны потребность в более высоком доходе по сравнению с предлагаемыми условиями экономики региона и более привлекательном месте работы с точки зрения реализации своих профессиональных возможностей.

Результаты. Результаты исследования показали, что проблема миграционной безопасности должна способствовать повышению внимания региональных органов власти к минимизации процессов оттока молодежи с более высокими образовательными и профессиональными характеристиками.

Заключение. Решение данной проблемы органами власти региона должно быть сосредоточено на мерах по обеспечению необходимого уровня жизни молодежи, роста заработной платы в ключевых сферах экономики и улучшению социальных и экономических условий развития Омской области.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: миграция, миграционная безопасность, молодежь, миграционная политика региона, региональные органы власти, молодые специалисты, миграционная убыль, миграционные процессы, иммиграция, эмиграция.

БЛАГОДАРНОСТИ. Исследование проводилось при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда №16-12-55013 а(р).

ВВЕДЕНИЕ

Концепция государственной миграционной политики Российской Федерации на период до 2025 г., утвержденная в июле 2012 г., определила систему взглядов на содержание, принципы и основные направления деятельности российского государства в сфере миграции [1]. Документ обозначил основные задачи государственной миграционной политики через актуализацию проблем, решение которых важно как для государства в целом, так и в региональном разрезе.

За последние годы Россия и ее регионы фиксируют угрозу экономической и миграционной безопасности. Объяснением этому может служить множество причин [2]:

- рост притока мигрантов из зарубежных стран в РФ;

- естественная убыль населения и возможность её возмещения за счёт миграционных потоков;

- более высокий уровень жизни в России по сравнению с некоторыми азиатскими странами, входящими в состав СНГ;

- сложившаяся ситуация в отношении внутренних миграционных потоков, а именно: отток населения из сельской местности в городскую, отток населения с Дальнего Востока, Сибири, Приволжья и Северного Кавказа в Центральную Россию;

- социально-экономическое положение российских регионов, имеющее весьма разный уровень развития и поддержки со стороны центра, что не позволяет применять одинаковый подход к организации миграционных мероприятий на их территориях.

Поэтому в данном исследовании подняты

вопросы миграционной безопасности в контексте одной из основных категорий населения, характеризующейся наибольшей трудовой и профессиональной активностью, молодежи. Общетеоретические взгляды на содержание миграционных процессов отражены в исследованиях Т.И. Заславской [3], В.Н. Переведенцева [4], Л.Л. Рыбаковского [5; 6], О.С. Чудиновских [7] и др. Миграционные тренды и миграционная активность населения рассматриваются в трудах Ж.А. Зайончковской, Н.Н. Ноздриной [8], Г.И. Осадчей [9], О.Л. Рыбаковского, О.Д. Воробьевой [10] и др. Вопросы молодежной миграции поднимаются в работах таких российских ученых, как И.Н. Богданова, Х.Р. Кадырова [11], Е.Я. Варшавская [12], И.С. Кашницкий [13], В.Ц. Худавердян [14], К.А. Чернышев [15], И.Н. Шерер [16] и др.

Миграционная безопасность региона представляет собой определенное состояние юридической защищенности интересов гражданина, общества и территории, которые могут быть подвержены угрозам в результате въезда в регион, выезда из него, пребывания и проживания на территории региона как иностранных граждан, лиц без гражданства, так и российских граждан. И для отдельного человека вопросы обеспечения собственной безопасности на территории своего проживания, снижения уровня неуверенности в будущем становятся чрезвычайно важными. По мнению З. Баумана, чувство неопределенности вызываются следующие факторы [17, С.104 – 108]:

- разрушение «порядка вещей», который отождествляется с практическими намерениями, целями, контролем и управлением;
- приоритет экономических связей над всеми остальными;
- разрушение или ослабление в значительной степени сетей, созданных и поддерживавшихся самими гражданами для обеспечения безопасности собственной жизни, а также неуклонное исчезновение социальных навыков;
- непрочность и ненадежность подающей информации.

Данные теоретические умозаключения обусловили постановку цели – раскрыть проблемы молодежной миграционной безопасности Омской области для обоснования разработки органами власти необходимых мер по регулированию миграционных процессов на территории.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

В качестве методов сбора информации для анализа выделенных проблем и констатации

необходимости принятия мер регулирования миграционными процессами на территории Омской области были взяты статистический метод и опрос. Статистический метод включил в себя данные региональной статистики по миграционной ситуации по населению региона в целом и по отдельно выделяемой группе молодежи в возрасте от 15 до 29 лет, поскольку эта возрастная группировка представляет наиболее трудоспособное и миграционно активное население. Также в работу со статистическим материалом были взяты сводные данные, представленные в отчетах о деятельности Министерства труда и социального развития Омской области. Опрос проведен в 2016 – 2017 гг. в рамках научно-исследовательского проекта по гранту РГНФ «Миграционные процессы как фактор социально-экономического развития региона: оценка и методы регулирования».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ состояния молодёжной миграционной безопасности Омской области.

Миграционная безопасность Омской области затрагивает разные аспекты жизнедеятельности территориального сообщества и представляет собой определенное состояние юридической защищенности интересов гражданина, общества и территории, которые могут быть подвержены угрозам в результате въезда в регион, выезда из него, пребывания и проживания на территории региона как иностранных граждан, лиц без гражданства, так и российских граждан [2]. Данное явление определяет состояние социальной и экономической защищенности территории с точки зрения ее демографического потенциала, достаточности и качества трудовых ресурсов для обеспечения всех сфер экономики региона, емкости регионального рынка труда, уровня социальной напряженности в обществе, касается вопросов пребывания и проживания на территории региона иностранных граждан, лиц без гражданства и, конечно, граждан РФ, прибывших из других регионов или выбывших в другие субъекты РФ. Большое значение для оценки миграционной безопасности имеет отношение региональных органов власти к вопросам организации, проведения и совершенствования миграционной политики территории. За этим стоит соблюдение миграционного, трудового, налогового законодательства; соблюдение интересов региональной экономики и граждан.

Отдельное субъектное направление в актуализации вопросов миграционной безопасности составляет молодежь как самая перспек-

тивная категория населения с точки зрения рынка труда. Молодежная миграция является частью общей миграции населения и, как следствие, сохраняет общие для этого явления черты, но имеет и свои особенности, среди которых более высокая интенсивность данных процессов; высокие требования молодых людей к новому месту жительства вследствие наличия у данной категории населения определенных амбиций; желание скорее начать самостоятельную жизнь вдали от родителей, а также преобладание среди мигрантов женской части населения. В этой связи одной из наиболее значимых проблем, характерных для России, является так называемая «утечка умов». Также характерно для нашей страны такое явление, как старение населения и увеличение коэффициента демографической нагрузки на трудоспособных граждан. По прогнозам Росстата, ежегодно в ближайшие 15 лет численность трудоспособного населения России будет уменьшаться в среднем на 1 миллион человек, что приведет к сдерживанию темпов экономического роста и усилению социальной напряженности [18].

Последствия оттока молодых специалистов для любого региона разнообразны и охватывают социально-экономическую, демографическую, геополитическую и другие сферы жизни общества. Во-первых, миграция молодых людей приводит к изменению численности населения и его возрастной структуры. Это грозит как прямыми демографическими потерями, которые характеризуются непосредственно выездом молодежи за пределы региона (страны), так и потенциальными демографическими потерями, заключающимися в снижении рождаемости и старении населения определенной территории. Во-вторых, отток квалифицированных молодых специалистов, так называемая «утечка умов», ведет к дифференциации состава населения

по образовательному уровню, социальному статусу, сферам деятельности, что в свою очередь приводит к ограничению возможности модернизации экономики региона-донора и к его отставанию от других регионов страны. Еще одним последствием данного процесса является снижение спроса на рабочие места в регионах выбытия и повышение его в районах вселения, что характеризуется изменениями на локальных и региональных рынках труда, а также усилением конкуренции в сфере занятости.

В Омской области наблюдается снижение абсолютной численности молодого населения в возрасте от 15 до 29 лет (см. таблицу 1).

Миграционный прирост или убыль молодежи как всего региона, так и его отдельных административно-территориальных единиц обеспечивается за счет различных территориальных перемещений, потоки которых можно разделить на три направления:

1. Международная миграция.
2. Межрегиональная миграция.
3. Внутрорегиональная миграция.

Стоит отметить, что первые два потока образуют внешнюю миграцию по отношению к региону. Омская область является регионом выбытия трудовых ресурсов (см. таблицу 2), особенно это актуально для молодежной миграции.

Этот аспект обусловлен тем, что молодежь обладает наиболее высокой миграционной подвижностью в Омской области. Доля лиц этой возрастной группы в общем объеме миграции составляет более 70%. Максимальное число перемещений зарегистрировано в 2015 г. в отношении лиц в возрасте от 18 до 39 лет (51,5% всех мигрантов) [18]. Это объясняется тем, что большинство молодых людей приезжает в регион для того, чтобы получить образование. Достигнув данной цели, многие выпускники принимают решение сменить ме-

Таблица 1
ДОЛЯ ЛИЦ 15-29 ЛЕТ В ОБЩЕЙ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА ЗА 2010-2015 ГГ. [18]
Table 1
SHARE OF THE 15-29 YEAR PERSONS IN GENERAL NUMBER
OF THE REGION POPULATION IN 2010-2015. [18]

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
15 – 29 лет (чел.)	494 900	472 309	449 716	430 599	411 695	393 285
Всего населения (чел.)	2 012 092	1 993 460	1 974 820	1 973 985	1 973 876	1 978 183
Доля населения 15-29 лет (в %) в общей численности населения	24,6	23,7	22,6	21,8	20,9	19,9

Таблица 2
ОБЩИЕ ИТОГИ МИГРАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ
ЗА 2014-2016 ГГ. (ЧЕЛОВЕК) (СОСТАВЛЕНО ПО: [18])
Table 2
GENERAL RESULTS OF THE POPULATION MIGRATION IN OMSK REGION
IN 2014-2016. (PERSONS) (MADE ON THE BASIS OF: [18])

	Прибывшие		Убывшие		Миграционный прирост, убыль (-)	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Вся миграция	58 165	55 095	59 965	61 037	-1 800	- 5 942
из нее:						
в пределах России	47 664	45 600	55 685	55 792	- 8 021	-10 192
в том числе:						
внутрирегиональная	31 104	29 525	31 104	29 525	-	-
межрегиональная	16 560	16 075	24 581	26 267	- 8 021	-10 192
международная	10 501	9 495	4 280	5 245	6 221	4 250
в том числе:						
со странами СНГ	9 536	8 669	3 342	4 237	6 194	4 432
с другими зарубежными странами	965	826	938	1 008	27	-182
Внешняя (для области) миграция	27 061	25 570	28 861	31 512	-1800	- 5 942

сто жительства и переехать в наиболее развитые регионы. А так как население данной возрастной группы обладает наибольшим экономическим и демографическим потенциалом, то их отток крайне негативно сказывается на экономике региона в целом. Подобная ситуация влечет за собой сдерживание социально-экономического развития как самих регионов выбытия, так и страны в целом.

Основным источником миграционной убыли являются межрегиональные перемещения, которые составляют около 30% от общей миграции. Статистика распределения по территориям прибытия и выбытия не учитывает отдельные возрастные группы. Однако межрегиональная молодежная миграция совпадает по направленности с общими потоками миграции. Наиболее характерными направлениями для иммигрантов Омской области являются Центральный (г. Москва, Московская область), Южный (Краснодарский край), Северо-западный (г. Санкт-Петербург) и Уральский (Тюменская область) федеральные округа [19].

Для экономики региона важную роль играет уровень образования прибывшего населения. К сожалению, Омская область становится привлекательной в большей степени для лиц, не имеющих должного образовательного уровня. Стоит отметить, что основную долю приезжих в регион составляют низкоквалифицированные либо неквалифицированные молодые люди в возрасте 16 – 30 лет (см. рисунки 1, 2).

Анализируя распределение мигрантов по возрастным группам, можно увидеть, что около 30% мигрантов находятся в возрасте от 31 до 45 лет, также их значительная часть находится в возрастной категории от 16 до 30 лет – 35,5%. Среди мигрантов наибольшую долю составляют работники, не имеющие какой-либо квалификации, такие как рабочие в строительной сфере и торговле, водители, работники в сфере общественного питания и оказания услуг. К указанной группе относятся 86,5% мигрантов. Квалифицированные работники (юристы, экономисты, инженеры и др.) составили 6,7%, низкоквалифицированные (кондитер, парикмахер и др.) – 6,8% от общего числа иностранных работников (см. рисунок 2).

Поэтому особенно острой для Омской области является проблема миграции выпускников вузов. В 2016 г. из 11,5 тысяч выпускников ВУЗов покинули Омск почти 5 тысяч специалистов. Они не видят для себя никаких перспектив в Омской области. Таким образом, доля уехавших выпускников составляет 42%, что, в свою очередь, приводит к кадровому голоду в регионе [18]. Рынок труда региона не выдерживает конкуренции с другими субъектами РФ, так как не может предоставить молодым людям рабочие места, соответствующие их запросам, полученной профессии и требованиям к заработной плате. Масштабы трудовой миграции в регионе с каждым годом увели-

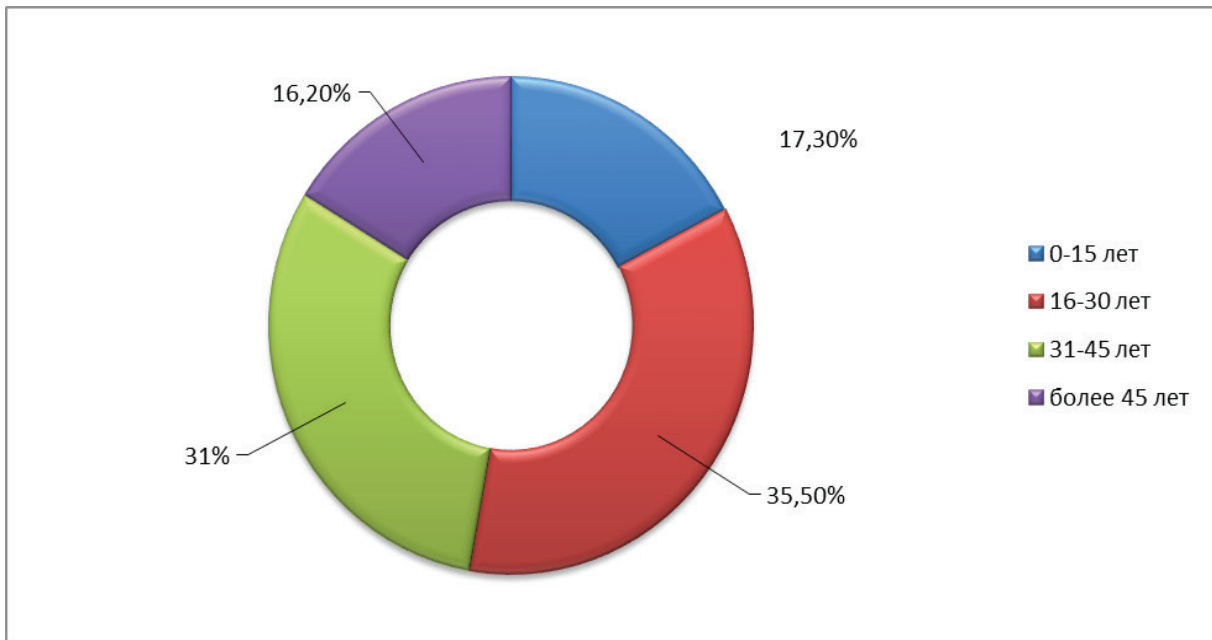


Рисунок 1 – Распределения иммигрантов Омской области по возрастным группам [19]
Figure 1 – Distribution of immigrants in Omsk region in terms of age groups [19]

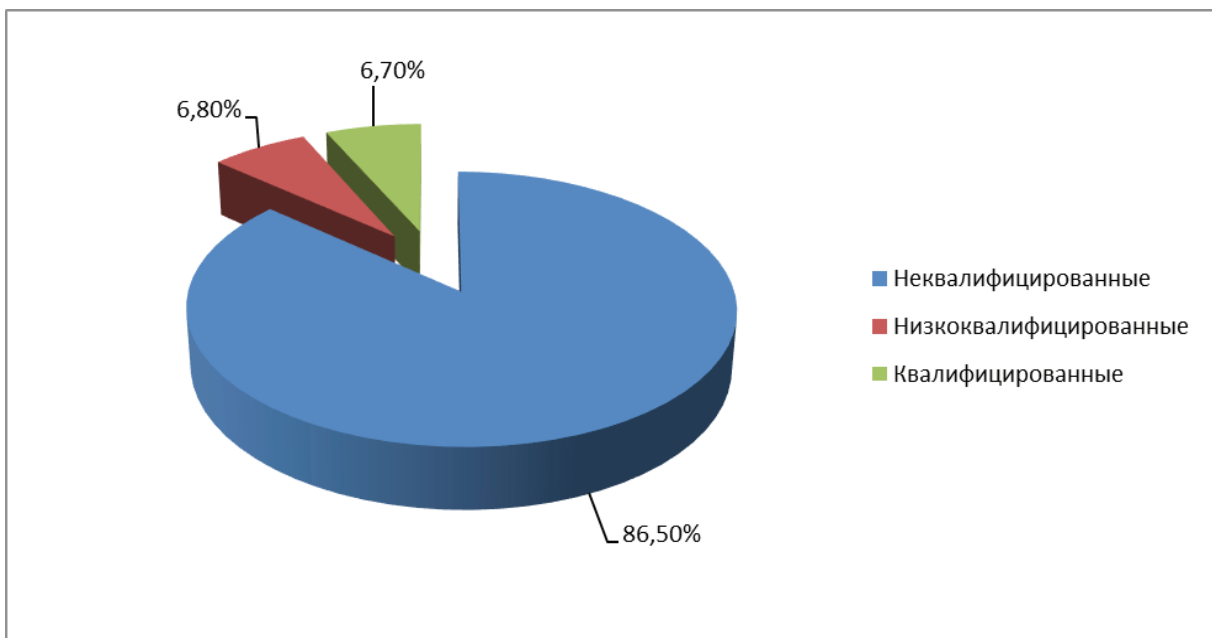


Рисунок 2 – Распределения эмигрантов Омской области по уровню квалификации [19]
Figure 2 – Distribution of emigrants in Omsk region in terms of skill level [19]

чиваются и становятся типичным явлением социально-экономической жизни современности. Так в 2016 г. наибольшую долю выбывшего населения составили именно трудовые мигранты. По данной причине на территорию региона прибыло 5 822 человек, в то время как выбыло 7 595 человек. Таким образом, сальдо

трудовой миграции составило 1 773 человек [19].

Оценка миграционного тренда в молодежной среде Омской области

Проведенное в Омской области в 2016 г. в рамках гранта РГНФ исследование «Миграционные процессы как фактор социально-эконо-

мического развития региона: оценка и методы регулирования» подтверждает сложившиеся и статистически отраженные тенденции региональных миграционных процессов. В частности, по результатам исследования можно сделать вывод о том, что одной из главных причин оттока молодежи является несоответствие ожиданий выпускников в отношении заработной платы и реальным уровнем оплаты труда, который готовы предоставить работодатели только что окончившим обучение молодым специалистам (см. таблицу 3). Понятное желание улучшить свое материальное благосостояние и трудоустроиться на более высокооплачиваемую работу зачастую подталкивает молодых людей после окончания обучения делать выбор не в пользу Омской области. Поэтому вполне логичным является тот факт, что миграционные потоки направлены из региона с низкими личными доходами, каковым по мнению молодых респондентов является Омская область, в регионы с более высокими доходами.

Основным источником миграционной убыли являются межрегиональные перемещения, которые составляют около 30% от общей миграции. Статистика распределения по тер-

риториям прибытия и выбытия не учитывает отдельные возрастные группы. Однако межрегиональная молодежная миграция совпадает по направленности с общими потоками миграции. Наиболее характерными направлениями для иммигрантов Омской области являются Центральный (г. Москва, Московская область), Южный (Краснодарский край), Северо-западный (г. Санкт-Петербург) и Уральский (Тюменская область) федеральные округа (см. таблицу 4).

Основная причина оттока молодежи – выпускников, в частности, – из омского региона определяется желанием заработать больше денег (66,7%) и найти более привлекательную работу (43,5%), поскольку они не видят для себя возможности найти желаемое место приложения своих трудовых усилий после окончания вуза (см. таблицы 5, 6). Выпускники омских высших учебных заведений после окончания обучения часто сталкиваются с проблемой трудоустройства по полученной специальности. Это объясняется тем, что молодые люди в силу отсутствия опыта работы или профессионального, производственного стажа обладают более низким профессиональным статусом и, как следствие, низкой конкурентоспособно-

Таблица 3
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТВЕТОВ РЕСПОНДЕНТОВ НА ВОПРОС «ЕСЛИ ВЫ ХОТИТЕ СМЕНИТЬ МЕСТО ЖИТЕЛЬСТВА, ТО С ЧЕМ ЭТО СВЯЗАНО?» В СООТВЕТСТВИИ С ПОЛОМ, В % К ЧИСЛУ ОТВЕТИВШИХ
(допускалось несколько вариантов ответа, поэтому итог не равен 100%, n=306)

Table 3
RESPONDENTS 'ANSWERS DISTRIBUTION TO THE QUESTION «IF YOU WANT TO CHANGE THE RESIDENCE PLACE, WITH WHAT PROBLEM IT WILL BE CONNECTED?» IN ACCORDANCE WITH THE GENDER, IN % TO THE NUMBER OF RESPONSES
(several answers would be allowed, so the result is not 100%, n = 306)

Причины смены места жительства	Пол		Итог
	мужской	женский	
В Омской области плохие условия для жизни	49,2	54,3	51,3
В Омской области мало возможностей хорошо трудоустроиться	49,7	51,9	50,7
В Омской области низкая заработная плата	48,6	51,2	49,7
В Омской области высокий уровень цен	18,6	17,8	18,3
Многие мои знакомые уехали из Омска, Омской области	14,1	20,2	16,7
В Омской области ограниченные возможности для построения карьеры	12,4	12,4	12,4
В Омской области мало возможностей получить хорошее образование мне, моим детям	10,7	7,8	9,5
Не устраивает политика управления регионом	7,9	7,8	7,8
В Омской области плохие климатические условия	7,9	5,4	6,9
В Омской области неразвита транспортная и социальная инфраструктура	6,2	6,2	6,2
Мои родственники желают, чтобы я уехал из Омской области	6,2	1,6	4,2
Другая причина	0,6	3,1	1,6

Таблица 4
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТВЕТОВ РЕСПОНДЕНТОВ НА ВОПРОС «НАЗОВИТЕ ГОРОДА,
КОТОРЫЕ, НА ВАШ ВЗГЛЯД, НАИБОЛЕЕ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНЫ ДЛЯ ИММИГРАЦИИ»
В СООТВЕТСТВИИ С ПОЛОМ, В % К ЧИСЛУ ОТВЕТИВШИХ
(допускалось несколько вариантов ответа, поэтому итог не равен 100%, n=306)

Table 4
RESPONDENTS 'ANSWERS DISTRIBUTION TO THE QUESTION
"WHICH CITIES, AT YOUR SIGHT,
ARE MOST ATTRACTIVE FOR IMMIGRATION?"
IN ACCORDANCE WITH THE GENDER, IN% TO THE NUMBER OF RESPONSES
(several answers would be allowed, so the result is not 100%, n = 306)

Города	Пол		Итог
	мужской	женский	
Санкт-Петербург	35,0	38,8	36,6
Краснодар	20,9	35,7	27,1
Новосибирск	23,2	27,1	24,8
Москва	22,6	25,6	23,9
Тюмень	20,3	24,0	21,9
Сочи	16,4	21,7	18,6
Екатеринбург	14,1	17,8	15,7
Другой город	9,0	5,4	7,5
Затрудняюсь ответить	20,3	5,4	14,1

стью на рынке труда среди других категорий населения. С этой точки зрения работодатели предпочитают заключать трудовые договоры со специалистами, которые уже имеют определенные навыки работы, поскольку они требуют меньших финансовых вложений на обу-

чение. Помимо опыта работы трудоустройству выпускников часто мешает низкий уровень качества образования, а также невостребованность полученных в процессе обучения профессий на региональном рынке труда.

Таблица 5
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТВЕТОВ РЕСПОНДЕНТОВ НА ВОПРОС
«С КАКОЙ ЦЕЛЬЮ ВЫ БЫ ХОТЕЛИ УЕХАТЬ ИЗ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ?»
В СООТВЕТСТВИИ С ПОЛОМ, В % К ЧИСЛУ ОТВЕТИВШИХ
(допускалось несколько вариантов ответа, поэтому итог не равен 100%, n=306)

Table 5
RESPONDENTS 'ANSWERS DISTRIBUTION TO THE QUESTION
"WITH WHOM WOULD YOU LIKE TO LEAVE OMSK REGION?"
IN ACCORDANCE WITH THE GENDER, IN% TO THE NUMBER OF RESPONSES
(several answers would be allowed, so the result is not 100%, n = 306)

Цель отъезда	Пол		Итог
	мужской	женский	
Заработать больше денег	65,5	68,2	66,7
Найти более привлекательную работу	42,4	45,0	43,5
Найти постоянное место жительства	26,0	28,7	27,1
Стремление к карьерному росту	26,6	24,8	25,8
Отдохнуть и попутешествовать	16,9	16,3	16,7
Возможность развития бизнеса	14,7	11,6	13,4
Получение образования	8,5	8,5	8,5
Лечение	5,6	3,9	4,9
Удачное замужество/ женитьба	4,5	4,7	4,6
Другое	2,3	2,3	2,3

Таблица 6
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТВЕТОВ РЕСПОНДЕНТОВ НА ВОПРОС
«КАК ВЫ ОЦЕНИВАЕТЕ ШАНСЫ ТРУДОУСТРОЙСТВА ВЫПУСКНИКА ВУЗА/СУЗА
ПО ПОЛУЧЕННОЙ ИМ СПЕЦИАЛЬНОСТИ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ?»,
В % К ЧИСЛУ ОПРОШЕННЫХ

Table 6
RESPONDENTS 'ANSWERS DISTRIBUTION TO THE QUESTION
«HOW DO YOU ASSESS THE EMPLOYMENT CHANCES OF THE HIGHER EDUCATION
INSTITUTIONS' GRADUATES
ACCORDING TO THEIR SPECIALITIES IN OMSK REGION?»,
IN% TO THE NUMBER OF ANSWERED

Опыт работы	Шансы трудоустроиться выпускника ВУЗа/ СУЗа					Итог
	Очень высокие	Высокие	Средние	Низкие	Шансов практически нет	
без опыта работы	0,7	2,5	19,6	37,8	39,4	100
с опытом работы	4	18,4	45,4	26,1	6,1	100

При этом имеет место корреляция ответов по поводу степени удовлетворенности регионом в качестве своего места жительства и

возможности своего трудоустройства на его территории (см. таблицу 7).

Таблица 7
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТВЕТОВ РЕСПОНДЕНТОВ НА ВОПРОС «КАК ВЫ ОЦЕНИВАЕТЕ ШАНСЫ ТРУДОУСТРОЙСТВА ВЫПУСКНИКА ВУЗА/СУЗА ПО ПОЛУЧЕННОЙ ИМ СПЕЦИАЛЬНОСТИ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ? ШАНСЫ ТРУДОУСТРОИТЬСЯ БЕЗ ОПЫТА РАБОТЫ» В СООТВЕТСТВИИ С ИХ ОТВЕТАМИ НА ВОПРОС «СКАЖИТЕ, НАСКОЛЬКО ВЫ ДОВОЛЬНЫ ОМСКОЙ ОБЛАСТЬЮ КАК МЕСТОМ СВОЕГО ПРОЖИВАНИЯ?», В % К ЧИСЛУ ОПРОШЕННЫХ

Table 7
RESPONDENTS 'ANSWERS DISTRIBUTION TO THE QUESTION "HOW DO YOU ASSESS THE EMPLOYMENT CHANCES OF THE HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS' GRADUATES ACCORDING TO THEIR SPECIALITIES IN OMSK REGION?", CHANCES TO WORK WITHOUT EXPERIENCE IN ACCORDANCE WITH THEIR ANSWERS TO QUESTION "DO YOU SATISFIED WITH OMSK REGION AS THE PLACE OF GEOGRAPHICAL LOCATION?", IN% TO THE NUMBER OF PREVIOUS ANSWERS

Шансы трудоустроиться без опыта работы	Степень удовлетворенности регионом				Итог
	Очень доволен	Скорее доволен	Скорее не доволен	Совершенно не доволен	
Очень высокие	0,0	33,3	50,0	16,7	100,0
Высокие	10,0	25,0	30,0	35,0	100,0
Средние	2,5	35,6	45,6	16,3	100,0
Низкие	2,3	29,9	42,5	25,3	100,0
Шансов практически нет	1,6	25,5	38,9	34,0	100,0
Итог	2,2	29,2	41,5	27,1	100,0

Стоит отметить, что причины молодежной миграционной безопасности в основном экономические. Рынок труда Омской области не выдерживает конкуренции с другими субъектами РФ, так как не может предоставить местным молодым людям рабочие места, соответствующие их запросам, полученной профессии и требованиям к заработной плате. Сложность оперативного влияния органов власти на миграционную убыль молодежи, формирования

системы закрепления молодых специалистов-выпускников вузов на предприятиях и организациях региона требует разработки совместных планов мероприятий региональных органов власти с представителями вузовского сообщества и работодателей. Исследование отразило факторы, которые могли бы способствовать снижению миграционного оттока молодежи из Омской области за ее пределы (см. таблицу 8).

Таблица 8
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТВЕТОВ РЕСПОНДЕНТОВ НА ВОПРОС «ЧТО БЫ ВАС УДЕРЖАЛО ОТ ЭМИГРАЦИИ ИЗ
ОМСКОЙ ОБЛАСТИ?» В СООТВЕТСТВИИ С ВОЗРАСТНОЙ ГРУППОЙ,
В % К ЧИСЛУ ОТВЕТИВШИХ ПО КАЖДОМУ ФАКТОРУ
(допускалось несколько вариантов ответа, поэтому итог не равен 100%, n=306)

Table 8
RESPONDENTS 'ANSWERS DISTRIBUTION TO THE QUESTION "WHAT WOULD KEEP YOU FROM OMSK REGION
EMIGRATION?" IN ACCORDANCE WITH AGE GROUP, IN% TO THE NUMBER OF RESPONSES FOR EACH FACTOR
(several answers would be allowed, so the result is not 100%, n = 306)

Факторы, влияющие на отказ от эмиграции	Возрастная группа		
	16-20	21-30	31-40
Улучшение экономических условий (повышение заработной платы, качества жизни, появление больших возможностей найти привлекательную работу и т.д.)	96,0	93,0	97,5
Улучшение социальной инфраструктуры (качества дорог, медицинского обслуживания и т.д.)	80,0	41,0	49,4
Изменение политики управления регионом	44,0	37,0	33,3
Улучшение социального самочувствия	20,0	14,0	19,8
Улучшение культурной среды	4,0	10,0	8,6
Улучшение экологической обстановки	0,0	11,0	8,6
Другое	0,0	3,0	2,5

В рамках исследования были получены и предложения молодых респондентов по выходу из сложившейся ситуации, которые могли быть учтены при разработке соответствующих мер органов власти региона. Рейтинг предложений – первые три места – возглавили ответы, связанные с повышением уровня жизни и

заработной платы, улучшением социально-экономических условий жизни (см. таблицу 9). В основном они явились отражением ответов, объясняющих причины смены регионально-го места жительства молодых респондентов, представленных в таблице 3.

Таблица 9
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТВЕТОВ РЕСПОНДЕНТОВ НА ВОПРОС «ЧТО НЕОБХОДИМО ПРЕДПРИНЯТЬ ОРГАНАМ
ВЛАСТИ ДЛЯ ТОГО, ЧТОБЫ СОКРАТИТЬ МИГРАЦИОННЫЙ ОТТОК
И СДЕЛАТЬ ОМСКУЮ ОБЛАСТЬ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ДЛЯ ПРИЕЗДА ЖИТЕЛЕЙ ИЗ ДРУГИХ РЕГИОНОВ
РОССИИ?» В СООТВЕТСТВИИ С ВОЗРАСТНОЙ ГРУППОЙ, В % К ЧИСЛУ ОПРОШЕННЫХ
(допускалось несколько вариантов ответа)

Table 9
RESPONDENTS 'ANSWERS DISTRIBUTION TO THE QUESTION "WHAT SHOULD AUTHORITIES TAKE
TO REDUCE THE MIGRATION OUTPUT AND TO MAKE OMSK REGION ATTRACTIVE FOR THE RESIDENTS' ARRIVAL
FROM OTHER RUSSIAN REGIONS?" IN ACCORDANCE WITH AGE GROUP, IN% TO THE NUMBER OF RESPONSES
(several answers would be allowed, so the result is not 100%, n = 306)

Сферы реформирования	Возрастная группа		
	16-20	21-30	31-40
Повысить уровень жизни	64,7	51,2	60,1
Повысить заработные платы	52,9	47,9	49,0
Улучшить социально-экономические условия	38,2	48,4	48,6
Повысить доступность жилья	33,8	42,3	41,3
Снизить цены на продукты, ЖКХ	25,0	20,5	24,5
Улучшить политику управления регионом	20,6	21,4	15,9
Развивать государственную молодежную политику	26,5	9,8	8,7
Развивать транспортную и социальную инфраструктуры	7,4	8,8	7,7
Улучшить экологическую обстановку	2,9	5,6	3,8
Развивать культурную среду	1,5	2,3	2,9
Ничего, миграционного оттока нет	0,0	0,5	0,5
Ничего, Омская область является привлекательной для жителей других регионов	1,5	0,9	1,4
Другое	0,0	1,9	0,0

ОБСУЖДЕНИЕ

В целом миграция населения, особенно в молодом возрасте, является нормальным явлением, однако характер и некомпенсируемый выезд молодежи создают серьезные проблемы для региона. Решать проблему по обеспечению миграционной безопасности территории в определенной степени возможно и под другим углом: с помощью привлечения молодых мигрантов в Омскую область как из других регионов Российской Федерации, так и из-за рубежа. По данным Министерства труда и социального развития Омской области наибольшее число мигрантов, а именно 7 488 человек, прибыло на территорию региона для получения образования. По состоянию на конец 2016 г. число профессиональных образовательных организаций Омской области составило 53 единицы, из которых 14 единиц составляют высшие учебные заведения [19]. Поскольку Омская область является приграничным регионом, она наиболее привлекательна для жителей ближнего зарубежья: миграционный приток региональной молодежи обеспечивается на 90% странами СНГ, где наибольшую долю составляют граждане Казахстана. В последнее время соотечественники возвращаются из Германии, Латвии, Грузии, Армении, Молдовы [20].

Основным центром притяжения по данному направлению мигрантов является г. Омск, поскольку в городе находится большое количество профессиональных учебных заведений, чем и объясняется эмиграция молодых неквалифицированных кадров из районов Омской области в областной центр. Около 50% внутрирегиональных мигрантов стремятся переселиться в г. Омск. Данное явление можно объяснить и тем, что кроме областного центра в регионе отсутствуют крупные города, способные притягивать и удерживать молодежь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги, следует сказать о том, что миграционная безопасность региона обусловлена невыгодным для региона миграционным балансом, при котором Омскую область покидают лица в молодом трудоспособном возрасте, с более высокими образовательными и профессиональными характеристиками, а приезжают, наоборот, низкоквалифицированные либо вообще не имеющие квалификации молодые люди.

Обобщая комплексные результаты исследования, можно выделить общие направления, которые было бы полезно применить при

совершенствовании органами власти Омской области системы обеспечения миграционной безопасности в молодежной среде. Таковыми могут являться:

- регулирование молодежной миграции, возникшей вследствие дифференциации развития регионов, а именно: повышение качества жизни в регионе, которое будет, с одной стороны, способствовать снижению миграционного оттока молодых специалистов («утечки умов»), с другой, – регулирование учебной миграции, которое приводит к возможности выбора молодых специалистов из числа молодых иммигрантов, прибывающих на территорию Омской области;

- включение органами власти в региональную миграционную политику совместных мероприятий с представителями сферы образования и работодателей по эффективному закреплению молодых специалистов на региональном рынке труда, по адаптации и интеграции иммигрантов в территориальное сообщество региона.

Как показывает практика, миграционные потоки молодежи направлены из менее развитых регионов в центральную часть страны, что негативно сказывается на реализации стратегии регионального развития из-за нехватки трудовых ресурсов и на экономике страны в целом вследствие социально-экономической дифференциации регионов. Во избежание процессов миграционного оттока молодежи в центральную часть государства в основу региональной миграционной политики необходимо закладывать баланс интересов центра России и ее регионов в вопросах регулирования миграционных потоков молодежи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Концепция государственной миграционной политики Российской Федерации на период до 2025 года // Правовая справочно-информационная система «Консультант Плюс»
2. Киселева А.М. Региональные миграционные процессы: особенности и проблемы (на примере Омской области) // Социология и общество : социальное неравенство и социальная справедливость : материалы V Всероссийского социологического конгресса. Екатеринбург, 19-21 октября 2016 г. / отв.ред. В.А.Мансуров – Электрон. дан. М. : Российское общество социологов, 2016. С. 1212 – 1225.
3. Заславская Т.И. Миграция сельского населения. М. : Изд-во Мысль, 1970. 127 с.
4. Переведенцев В.И. Методы изучения миграции населения. М. : Наука, 1975. 231 с.
5. Рыбаковский Л.Л. Миграция населения. Три стадии миграционного процесса (Очерки теории и методов исследования). М. : Наука, 2001. 114 с.
6. Рыбаковский Л.Л. Миграция населения (вопросы теории). М. : КНОРУС, 2003 385 с.

7. Чудиновских О.С. О понимании статистики миграции. // Вопросы статистики. 2017. № 5. С.19 – 27.
8. Зайончковская Ж. А., Ноздрин Н. Н. Миграционный опыт населения региональных центров России (на примере социологического опроса в 10 городах) // Проблемы прогнозирования. 2008. № 4. С. 98 – 111.
9. Osadchaya G. Migration processes in context of the Eurasian Economic Union integrated labor market formation // Social policy and sociology. 2015. Vol. 14, no. 3, pp. 50 – 54.
10. Воробьева О.Д., Рыбаковский Л.Л., Рыбаковский О.Л. Миграционная политика России: история и современность: монография. М.: Изд-во «Экон-Информ», 2016. 190 с.
11. Богданова И. Н., Кадырова Х. Р. Проблема миграции молодежи моногородов и пути ее решения // Высшее образование в России. 2015. № 5. С. 161 – 163.
12. Варшавская Е.Я., Чудиновских О.С. Миграционные планы выпускников региональных вузов // Вестник МГУ. Серия «Экономика». 2014. № 3. С.36 – 58.
13. Кашницкий И. С. Миграции молодежи в России: влияние на возрастные структуры // Современные исследования миграции населения: сб. ст. / под ред. Е. В. Донец, О. С. Чудиновских. М.: Экон. фак. МГУ им. М.В. Ломоносова, 2015. С. 79 – 94.
14. Худавердян В.Ц. Молодежная миграция в современном мире: причины и следствия // Знание. Понимание. Умение. 2015. № 2. С. 142 – 148.
15. Чернышев К.А. Образование как фактор миграционной подвижности: опыт оценки и принятия управленческих решений на региональном уровне // Вопросы управления. 2014. № 6. С. 172 – 178.
16. Шерер И.Н. Государственное регулирование миграционных процессов на молодежном рынке труда. М.: Книгодел, 2014. 204 с.
17. Бауман З. Индивидуализированное общество. М.: Логос, 2005. 390 с.
18. Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Омской области [Электронный ресурс]. – URL.: <http://omsk.gks.ru> – (дата доступа: 29.05.2017)
19. Официальный сайт Министерства труда и социального развития Омской области [Электронный ресурс]. – URL.: <http://www.omskmintrud.ru> – (дата доступа: 29.05.2017).
20. Алексеева С. Омская область в тройке лидеров // Русский век. 2015. № 6. С. 20 – 25.

OMSK REGION MIGRATION SECURITY. YOUTH ASPECT

A.M. Kiseleva

ABSTRACT

Introduction. The article considers the youth migration processes in the Omsk region, which lead to the migration security problem on Omsk territory. This process entails to the threats of the region economic development and requires adequate solution, since young people represent the most active category of the population in the vocational and labor aspect, and the main migration outflow is associated with it.

Materials and methods. However, the regional statistics' data and the conducted research based on the youth representatives' overall survey reflect the negative trend and parameters of youth migration security. This suggests that the main reasons for the young specialists' outflow are the need for a higher income compared to the proposed conditions of the regional economy, and a more attractive working place in terms of their professional capabilities' realizing.

Results. The results of the research show that the migration security problem should contribute to the attention increasing of the regional authorities to minimize the young people with higher educational outflow.

Conclusion. Therefore, the solution of this problem by the region authorities should focus on the measures of ensuring the necessary living standard for young people, increasing wages in key economy areas and improving the social and economic conditions for the Omsk region development.

KEYWORDS: migration, migration security, youth, regional migration policy, regional authorities, young specialists, migration loss, migration processes, immigration, emigration.

REFERENCES

1. Konceptsiya gosudarstvennoj migracionnoj politiki Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda [The Concept of the State Migration Policy of the Russian Federation for the Period Until 2025]. Pravovaya spravочно-informacionnaya sistema "Konsul'tant Plyus".
2. Kiseleva A.M. Regional'nye migracionnye processy: osobennosti i problemy (na primere Omskoj oblasti) [Regional processes on migration: features and problems (on the example of Omsk region)]. Sociologiya i obshchestvo: social'noe neravenstvo i social'naya spravedlivost': materialy V Vserossijskogo sociologicheskogo kongressa. [Sociology and society: social inequality and social justice: materials of the V all-Russian sociological Congress] Ekaterinburg, 19 – 21.10.2016. Elektron.dan. Moscow, Rossijskoe obshchestvo sociologov, 2016. pp.1212 – 1225.
3. Zaslavskaya T.I. Migraciya sel'skogo naseleniya [The migration of the rural population]. Moscow, Izd-vo Mysl', 1970. 127 p.
4. Perevedencev V.I. Metody izucheniya migracii naseleniya [Methods of studying population migration]. Moscow, Nauka, 1975. 231 p.
5. Rybakovskij L.L. Migraciya naseleniya. Tri stadii migracionnogo processa (Ocherki teorii i metodov issledovaniya). [Migration of the population. The three stages of the migration process (essays on the theory and methods of research)]. Moscow, Nauka, 2001. 114 p.
6. Rybakovskij L.L. Migraciya naseleniya (voprosy teorii) [Migration of population (theory)]. Moscow, KNORUS, 2003. 385 p.
7. Chudinovskih O.S. O ponimanii statistiki migracii [Un-

derstanding migration statistics]. Voprosy statistiki, 2017, no. 5, pp.19-27.

8. Zajonchkovskaya ZH. A., Nozdrina N. N. Migracionnyj opyt naseleniya regional'nyh centrov Rossii (na primere sociologicheskogo oprosa v 10 gorodah) [The migration experience of the population of the regional centres of Russia (on the example of a sociological survey in 10 cities)]. Problemy prognozirovaniya. 2008, no. 4, pp. 98 – 111.

9. Osadchaya G. Migration processes in context of the Eurasian Economic Union integrated labor market formation. Social policy and sociology, 2015, Vol. 14, no. 3, pp. 50 – 54.

10. Vorob'eva O.D., Rybakovskij L.L., Rybakovskij O.L. Migracionnaya politika Rossii: istoriya i sovremennost': monografiya. [Migration policy of Russia: history and modernity: monograph]. Moscow, Izd-vo "Ekon-Inform", 2016. 190 p.

11. Bogdanova I. N., Kadyrova H. R. Problema migracii molodezhi monogorodov i puti ee resheniya [The problem of migration of young people of mono-cities and solutions]. Vysshee obrazovanie v Rossii, 2015, no. 5, pp. 161 – 163.

12. Varshavskaya E.YA., Chudinovskij O.S. Migracionnye plany vypusknikov regional'nyh vuzov [Миграционные планы выпускников региональных вузов]. Vestnik MGU. Seriya "Ekonomika", 2014, no. 3, pp.36 – 58.

13. Kashnickij I. S. Migracii molodezhi v Rossii: vliyanie na vozrastnye struktury. [Migration of youths in Russia: impact on age structure]. Sovremennye issledovaniya migracii naseleniya: sb. st. Moscow, Ekon. fak. MGU im. M.V. Lomonosova, 2015, pp. 79 – 94.

14. Hudaverdyan V.C. Molodezhnaya migraciya v sovremenom mire: prichiny i sledstviya [Youth migration in the modern world: causes and consequences]. Znanie. Poni-manie. Umenie, 2015, no. 2, pp. 142 – 148.

15. Chernyshev K.A. Obrazovanie kak faktor migracionnoj podvizhnosti: opyt ocenki i prinyatiya upravlencheskih reshenij na regional'nom urovne [Education as a factor of migration mobility: the experience of evaluation and management decisions at the regional level]. Voprosy upravleniya, 2014, no. 6, pp. 172 – 178.

16. Sherer I.N. Gosudarstvennoe regulirovanie migra-

cionnyh processov na molodezhnom rynke truda [State regulation of migration processes in the youth labour market]. Moscow, Knigodel, 2014, 204 p.

17. Bauman Z. Individualizirovannoe obshchestvo [Individualized society]. Moscow, Logos, 2005, 390 p.

18. Oficial'nyj sayt Territorial'nogo organa Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Omskoj oblasti [Elektronnyj resurs]. URL.: <http://omsk.gks.ru>. [date of access 29.05.2017].

19. Oficial'nyj sayt Ministerstva truda i social'nogo razvitiya Omskoj oblasti [Elektronnyj resurs]. URL.: <http://www.omskmintrud.ru>. [date of access 29.05.2017].

20. Alekseeva S. Omskaya oblast' v trojke liderov [Omsk oblast in the top three]. Russkij vek, 2015, no. 6, pp. 20 – 25.

Поступила 02.01.2018, принята к публикации 15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Киселева Альбина Мусаевна (г. Омск, Россия) – доктор социологических наук, доцент, профессор кафедры региональной экономики и управления территориями экономического факультета Омского государственного университета им. Ф.М. Достоевского (644053, Россия, г. Омск, площадь Лицкевича, д. 1 (корпус № 6), e-mail: albkis@mail.ru).

Kiseleva Albina Musaevna (Omsk, Russia) – Doctor of Sociology, Associate Professor, Professor of the Department of Regional Economics and Territory Management of the Faculty of Economics, Omsk State University. F.M. Dostoevsky (644053, Russia, Omsk, Lickiewicz Square, 1 (building 6), e-mail: albkis@mail.ru).

УДК 338.2

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.Е. Миллер, Т.И. Реутова
ФГБОУ ВО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского», г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье обосновывается формирование методологии исследования состояния и развития производственных технологий на предприятиях обрабатывающей промышленности РФ в контексте приоритетного научно-технологического развития экономики России.

Методы и материалы. Основные методологические подходы, используемые для исследования: системный и процессный подходы, которые находят свое преломление в научно-практическом материале общей теории систем, теории организации, а также технико-технологический подход.

Результаты. Научная концепция развития производственных технологий на предприятиях обрабатывающей промышленности направлена на выявление многогранности содержания и расширение мультинаправленности реализации новых технологий в отечественной обраба-

тывающей промышленности в рамках приоритетов развития научно-технического комплекса РФ.

В рамках практической реализации концепции развития производственных технологий предложена и обоснована организационно-экономическая модель, способная обеспечить достижение поставленной задачи, повлиять на технологическую ориентацию предприятия обрабатывающей промышленности и выбор приемлемого варианта организационного решения.

Выводы. Основными направлениями использования полученных результатов будут: корректировка содержания госпрограмм в сторону добавления подпрограмм (разделов) по техническому перевооружению в соответствии с направлениями нового технологического уклада; выделение в конкурсах институтов развития отдельных мероприятий, направленных на поддержку исследований в области цифрового и аддитивного производства, робототехники и новых производственных технологий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: производственные технологии, обрабатывающая промышленность, технологическое развитие, модель, концепция, оценка.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость фундаментальности исследований оценки состояния производственных технологий в обрабатывающей промышленности определяется развитием теоретико-концептуального научного базиса в области технико-технологического развития экономики России, целью которого становится целесообразность реального обеспечения конкурентоспособности и независимости нашей страны благодаря формированию системы, способной как повышению, так и полному использованию интеллектуального потенциала. Образовавшийся технологический 6 – 8-летний отрыв России от ключевых технологических направлений бесспорно следует отнести к критическому фактору, значительно тормозящему обеспечения технологического лидерства, – потере значительной доли технологического рынка. Важную роль в реализации приоритетов научно-технологического развития необходимо отвести обрабатывающей промышленности, способной обеспечить реальный рост добавленной стоимости благодаря внедрению прогрессивных инновационных технологий и ликвидации технологической отсталости производственной базы. В этой связи фундаментальной задачей становится развитие теоретико-методологического обеспечения развития производственных технологий в обрабатывающей промышленности в России. Необходимо расширить перечень таких ключевых технологий, которые в настоящий момент времени не разработаны и не используются в производственной деятельности зарубежных компаний. Бесспорно, развивая эти технологии, Россия с высокой долей вероятности способна обеспечить себе лидирующие позиции, поскольку в ближайшие годы главным конкурентным фактором выступают не только технологии и техника, так как они являются повсеместно до-

ступными, но и инновационная идея, которая может в корне изменить экономику в целом и технологии ее развития в частности. В то же время для промышленного сектора России внедрение передовых технологий безусловно необходимый и верный шаг к развитию.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Большинство современных теорий, рассматривающих производственные технологии в качестве фактора развития производства, дают пояснения благодаря различиям в обеспеченности технологиями международной торговли, созданных на их же основе. Часть теорий дают пояснения относительно изменений технологий и их влияния на результаты международной торговли. К их числу относится модель технологического разрыва Майкла Познера [1], утверждающая, что, разрабатывая новые технологии, страны могут получить временную монополию для производства и экспорта товара.

Среди зарубежных направлений исследования необходимо выделить модель технического прогресса Джона Р. Хикса [2], суть которой заключается в том, что технический прогресс следует рассматривать как трудосберегающий, капиталосберегающий и нейтральный. Благодаря трудосберегающему техническому прогрессу капитал призван замещать труд. При капиталосберегающем техническом прогрессе неизбежно повышается производительность труда. Нейтральный технический прогресс ориентирован на обеспечение сокращения количества капитала и труда из расчета на производства единицы товара.

Стратегические особенности технико-технологического, инновационного развития российской экономики исследованы в работах А.Е. Варшавского [3; 4], Н.И. Комкова [5] и И.Э.

Фролов [6], В.В. Ключкова [7], Г. Шепарда и Э. Дандона [8], В.П. Варфоломеева [9] и многих других современных экономистов.

Проблемы технологического перевооружения и модернизации производства, инновационного потенциала промышленности рассматриваются в работах Г.Б. Клейнера [10], О.Г. Туровца и В.Н. Родионовой [11], Ю.А. Герасиной [12], А.В. Стрельцова [13] и других исследователей.

Исходя из современного состояния и основных направлений исследований по проблемам производственных технологий на предприятиях обрабатывающей промышленности в мировой науке, основными мировыми научными конкурентами, занимающимися разработками теории и практики близких к производственным технологиям проблем, считаются следующие страны: в исследовании проблем обеспечения технологическим оборудованием базовых отраслей ключевые позиции принадлежат Германии и Японии. Достаточно сильные исследовательские позиции проблем технологического оборудования занимают США, Китай, Италия и Швейцария; в сфере высоких технологий США, благодаря своим технологическим достижениям, добились высоких результатов в исследовании технологий микроэлектроники; лидерами в исследовании чистых технологий являются США, Япония, Германия, Великобритания, Франция.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В настоящее время на развитие производственных технологий на обрабатывающих предприятиях РФ оказывают влияние несколько важных факторов:

1) Усиление влияния мировых технотрендов на производственные технологии в обрабатывающей промышленности России в условиях действующих санкционных ограничений на покупку значительной номенклатуры зарубежного высокотехнологичного оборудования и технологий.

2) Развитие производственных технологий в РФ проводится при несформировавшейся системе всеобщей заинтересованности в данном процессе всех субъектов: конкурентного внутреннего рынка технологий и оборудования нет; бизнес преимущественно планирует свою деятельность на 1,5 – 2 г. из-за высоких рисков; система образования «не заточена» либо лишь фрагментарно заточена на современные и перспективные технологические ориентиры и т.п.

Ключевая проблема российской обрабатывающей промышленности заключается в ее неготовности принять глобальные технологические вызовы и экономически, и организационно. Так, удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации в обрабатывающей промышленности РФ, за последние пять лет увеличился на 0,9% [14], что нельзя признать удовлетворительным в сравнении с зарубежными конкурентами. Наличие текущих экономических трудностей, отсутствие источников финансирования технологических переходов нивелируется благодаря вхождению в число участников крупных инвестиционных и инфраструктурных проектов общероссийского масштаба, участию в реализации проектов, связанных с освоением месторождений крупных российских нефтяных и газовых компаний, программами инновационного развития, НИОКР, промышленными госпрограммами, субсидиями и грантами институтов развития, собственными средствами и т.п.

Вместе с тем решение этой задачи реально благодаря широкомасштабному технологическому обновлению экономики России. Реальные условия и возможности в обрабатывающей промышленности есть. По данным Федеральной службы государственной статистики, по числу разработанных передовых производственных технологий в обрабатывающей промышленности РФ прослеживается устойчивая динамика (см. таблицу 1).

Таблица 1
ЧИСЛО РАЗРАБОТАННЫХ ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РФ, ЕД.
Table 1
NUMBER OF DEVELOPED ADVANCED PRODUCTION TECHNOLOGIES
IN THE EDUCATIONAL INDUSTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION, ED.

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
231	338	336	398	414	442	523

Положительной тенденцией следует считать рост числа разработанных передовых производственных технологий в обрабатывающей промышленности РФ (почти в два раза, см. таблицу 2).

Таблица 2
ЧИСЛО РАЗРАБОТАННЫХ ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
НОВЫХ ДЛЯ РОССИИ В ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РФ, ЕД.

Table 2
NUMBER OF DEVELOPED ADVANCED PRODUCTION NEW TECHNOLOGIES
NEW FOR RUSSIA IN THE EDUCATIONAL INDUSTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION, ED.

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
215	320	320	374	382	416	491

По числу принципиально новых разработанных передовых производственных технологий в обрабатывающей промышленности РФ наблюдается неустойчивая динамика, однако в целом, она является положительной. Так, за последние пять лет число таких технологий увеличилось на 16 единиц (см. таблицу 3).

Таблица 3
ЧИСЛО ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВЫХ РАЗРАБОТАННЫХ ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РФ, ЕД.

Table 3
NUMBER OF PRINCIPALLY NEW DEVELOPED ADVANCED
PRODUCTION TECHNOLOGIES
IN THE EDUCATIONAL INDUSTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION, ED.

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
16	18	16	24	32	26	32

По числу используемых передовых производственных технологий в обрабатывающей промышленности РФ значения показателя превышают не менее чем на пять тысяч, что подтверждает стремление предприятий к их интенсивному использованию в своей деятельности (см. таблицу 4).

Таблица 4
ЧИСЛО ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВЫХ РАЗРАБОТАННЫХ ПЕРЕДОВЫХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РФ, ЕД.

Table 4
NUMBER OF PRINCIPALLY NEW DEVELOPED ADVANCED
PRODUCTION TECHNOLOGIES
IN THE EDUCATIONAL INDUSTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION, ED.

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
135945	118021	119182	121103	127492	146700	152820

Технологический фактор становится определяющим моментом экономического роста, убедительным аргументом поддержания экономической политики государства, ключевым элементом конкурентоспособности производства. Вместе с тем увеличение выпуска высокотехнологичных товаров, отвечающих вызовам конкурентного рынка, способствует стимулированию соответствующих технологических сдвигов смежных отраслей и производств, тем самым обеспечивая им рост технологического уровня, изменения в структуре занятости и производства.

Таблица 5
ЧИСЛО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЦЕЛОМ ПО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ЕД.

Table 5
NUMBER OF NANOTECHNOLOGIES USED IN THE WHOLE
FOR THE RUSSIAN FEDERATION, ED.

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
354	526	748	907	937	1152	1166

В этом плане показательны высокие значения внедренных нанотехнологий в целом по Российской Федерации (см. таблицу 5).

ОБСУЖДЕНИЕ

Большинство исследователей однозначно признают необходимость наличия технологической составляющей при определении параметров экономического роста [16, 17, 18]. При попытках количественного определения доли технологического фактора, выяснении технологической структуры экономики, выявлении динамики технологического уклада, его жизненного цикла, определении взаимосвязи цивилизованного и технологического развития, роли государственных структур при формировании технологической политики промышленного комплекса страны очень часто возникают проблемные вопросы. Именно с целью получения ответов на возникающие вопросы возникает потребность в новых методологических подходах, системном видении предмета и объекта исследования.

Поскольку подобные вопросы чрезвычайно важны, то и представители российского научного сообщества должны переходить от обобщения и констатации технологической отсталости российской обрабатывающей промышленности к методологическому обоснованию технологического перехода отечественной промышленности в контексте актуализировавшихся в настоящее время ключевых фундаментальных тенденций в рамках сложившихся внутренних препятствий и вызовов.

Следовательно, решение задачи, связанной с отсутствием современной российской организационно-экономической модели развития производственных технологий в отечественной обрабатывающей промышленности, может обеспечить научная концепция развития производственных технологий, исходным объективно-логическим основанием которой должны стать тезисы о конкурентоспособности промышленного сектора экономики страны, определяющегося уровнем технологического развития и основанного на наличии высококвалифицированного персонала. В свою очередь, под развитием производственных технологий необходимо понимать динамический системный процесс, ориентированный на организацию производственной деятельности, базирующейся на использовании оборудования и технологий, максимально соответствующих глобальному технологическому укладу и требованиям конкурентного рынка.

Таким образом, ключевой целью становится разработка концепции и методологии формирования модели развития производственных технологий на предприятиях обрабатывающей промышленности РФ в контек-

сте приоритетного научно-технологического развития экономики России. Соответственно целеориентированными задачами становятся:

1. Обоснование концепции развития производственных технологий как объективного процесса и современного этапа развития мировой хозяйственной системы, связанной с исследованием возможностей использования ключевых элементов нового технологического уклада, таких как цифровое производство, аддитивное производство, робототехника и др. в обрабатывающей промышленности.

2. Разработка модели российского варианта развития производственных технологий, представляющей собой противоречивый процесс, формирующийся и реализуемый под влиянием специфических внешних и внутренних факторов.

В качестве методологического подхода целесообразно применение технико-технологического подхода, назначение которого объясняется четырьмя причинами:

Во-первых, на современных промышленных предприятиях объективно существуют предпосылки создания благоприятных условий для осуществления производственных технологий в сферах влияния участников этого процесса. Снизить воздействие сопротивления этим позитивным процессам или полностью их ликвидировать возможно только благодаря стараниям самих промышленных предприятий, их смежников, а также представителям органов государственной власти. Вместе с тем функционал развития и продвижения новых технологий обладает определенной спецификой и связан с условиями и выбранными подходами в части организации и внедрения технологий.

Во-вторых, наличие общих и специальных функций регулирования процессов развития производственных технологий. Общие функции направлены на формирование стратегии развития производственных технологий, постановку цели и задач. Направленность специальных функций состоит в концентрации усилий субъектов развития производственных технологий помимо традиционных направлений производственно-хозяйственной деятельности (основное производство, вспомогательное производство), еще и на проведение технологических инноваций.

В-третьих, процесс развития производственных технологий целесообразно разбивать на пять ключевых этапов, отражающих ее специфические стадии: создание информационной базы развития производственных технологий; поиск партнеров в лице участни-

ков развития производственных технологий; оценка синергии развития производственных технологий; деловые переговоры; непосредственный процесс внедрения технологий.

В-четвертых, возможность отслеживания изменений в процессе применения производственных технологий. Традиционно данное направление реализуется в виде сравнений запланированных и достигнутых количественных параметров внедряемых технологий [19]. В обрабатывающей промышленности в качестве критериев оценки применения технологий выступают специальные показатели, максимально раскрывающие особенности стратегии технологического роста промышленных предприятий.

В то же время исследований особенностей развития производственных технологий на предприятиях обрабатывающей промышленности и их роли в формировании стратегии научно-технологического развития экономики России практически не ведется; и это объясняется следующими причинами: в современной российской экономической науке отсутствует единый методологический подход к определению производственных технологий и признанию объективности их применения; для современного этапа развития российской экономики характерны ярко выраженные диспропорции технико-технологических отношений в большинстве отраслей промышленности; ввиду данной сложившейся практики в научных исследованиях недостаточно внимания уделяется технологической составляющей, ее функциям и роли в развитии экономики. Таким образом, существующие теоретические подходы в исследовании производственных технологий производства вносят важный вклад в понимание ее сущности, назначения и перспектив. Однако особенности ее функционирования, а также ее влияние на экономику, существующие подходы раскрывают лишь частично. Именно с позиций технико-технологического подхода можно формировать условия создания российской модели развития производственных технологий на предприятиях обрабатывающей промышленности, позволяющей раскрыть инновационный потенциал процесса развития производственных технологий [20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ожидаемые результаты соответствуют актуальным тенденциям развития мировой экономики, находятся в русле глобальных приоритетов технико-технологического перехода в производственно-хозяйственной деятель-

ности субъектов промышленности и выражаются в разрабатываемой в рамках исследований концепции развития производственных технологий, дополняют теорию неоинституционализма, тем самым вносят свой вклад в обоснование современной научной базы экономических исследований глобального уровня, а также в теоретическое обоснование содержания и разработки направлений реализации организационно-экономической модели развития производственных технологий на предприятиях обрабатывающей промышленности в рамках санкционных ограничений, формируют перечень принципиально новых направлений исследования процесса развития производственных технологий и на предприятиях обрабатывающей промышленности, и на предприятиях различной отраслевой принадлежности.

Новая научная концепция развития производственных технологий на предприятиях обрабатывающей промышленности направлена на выявление многогранности содержания и расширение мультинаправленности реализации производственных технологий в отечественной обрабатывающей промышленности в рамках приоритетов развития научно-технологического комплекса РФ.

Предлагаемая концепция развития производственных технологий на предприятиях обрабатывающей промышленности раскрывает цели и задачи производственных технологий, организационно-экономическую процедуру обеспечения, развития производственных технологий, методологические основы формирования системы производственных технологий на предприятиях обрабатывающей промышленности в условиях динамичной внешней среды. Отличие предлагаемой концепции: 1) в интеграции системного и процессно-ориентированного подходов как основы для достижения целей развития производственных технологий; 2) в обеспечении возможности включения в систему развития производственных технологий количественных экономических индикаторов. Предлагаемая концепция развивает базовые элементы теории организации, технико-технологического проектирования структур, инструментов организационных изменений промышленного предприятия. Концепция будет базироваться на технико-технологическом подходе к формированию современных процессов развития производственных технологий, методах квантификации и параметрическом, положенных в основу оценочного инструментария, позволяющего сформировать технологию оценки результа-

тивности развития производственных технологий как совокупности мероприятий, увязанных по срокам, ресурсам и исполнителям. Это направлено на решение прикладных задач, связанных с обеспечением рациональности расходов на развитие производственных технологий, экономической мотивации персонала к оперативной и эффективной их реализации. Методический подход к оценке результативности развития производственных технологий на предприятиях состоит: из оценки ресурсных ограничений на реализацию спроектированной стратегии развития производственных технологий; определения экономического результата от развития производственных технологий на промышленном предприятии и распределения его среди участников в зависимости от их долевого участия в проведении производственных технологий.

В рамках практической реализации концепции развития производственных технологий сформирована организационно-экономическая модель развития производственных технологий на предприятиях обрабатывающей промышленности (в виде совокупности взаимосвязанных блоков) и методика по ее рациональному использованию, основанная на условиях-критериях (необходимого и достаточного), ориентированная на целевое использование функций и принципов, раскрывающих результативность технико-технологических воздействий с учетом интересов обрабатывающих предприятий в области технологических инноваций. Организационно-экономическая модель позволит: 1) определить место развития производственных технологий в общей системе технологической политики; 2) раскрыть значимость факторного воздействия условий внешней и внутренней среды предприятий обрабатывающей промышленности на получение экономических результатов развития производственных технологий; 3) получить представление об элементах внутрифирменной системы производственных технологий предприятий обрабатывающей промышленности. Предлагаемая организационно-экономическая модель способна обеспечить достижение поставленной задачи и повлиять на технологическую ориентацию предприятия обрабатывающей промышленности и выбор приемлемого варианта организационного решения по осуществлению развития производственных технологий.

Возможность достижения запланированных результатов обусловлена раскрытием многогранности содержания и расширения мультинаправленности реализации развития

производственных технологий в отечественной обрабатывающей промышленности в рамках приоритетов развития научно-технического комплекса РФ, целеориентированное на решение ключевых задач, связанных с развитием нового технологического уклада.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Познер М. Международная торговля и изменение технологии: Вехи экономической мысли Т.6 Международная экономика. М. : ТЕИС, 2006. С.436 – 453.
2. Хикс Дж. Стоимость и капитал. М. : Прогресс, 1988. 191 с.
3. Варшавский А.Е. О стратегии научно-технологического развития российской экономики // Общество и экономика, № 6, 2017. С. 5 – 27.
4. Варшавский А.Е. Проблемы и показатели развития инновационных систем. М. : Наука, 2005. 382 с.
5. Комков Н.И. Условия структурно-инновационной политики развития экономики России // Модернизация. Инновации, Развитие. Т. 8, № 1 (29), 2017. С. 80 – 87.
6. Фролов И.Э. Высокотехнологичный сектор промышленности России: состояние, тенденции, механизмы инновационного развития. М. : Наука, 2007. 583 с.
7. Ключков В.В. Анализ влияния технологических сдвигов в энергетике на устойчивость российской экономики // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. Т. 13, № 4 (349), 2017. С. 684 – 698.
8. Шепард Г., Дандон Э. Инновации: как определять тенденции и извлекать выгоду. М. : Вершина, 2006. 304 с.
9. Варфоломеев В.П. Высокотехнологичное производство: ресурсы развития, особенности инновационного процесса и проблемы оценки эффективности // Наука и практика. № 2 (10), 2013. С. 87 – 101.
10. Клейнер Г.Б. Системная модернизация отечественных предприятий: теоретическое обоснование, мотивы, принципы // Экономика региона. Т. 13, № 1, 2017. С. 13 – 24.
11. Туровец О.Г., Родионова В.Н. О некоторых проблемах обеспечения эффективной организации высокотехно-логичного производства // Организатор производства. № 1 (68), 2016. С. 47 – 53.
12. Герасина Ю.А. Воздействие глобальной трансформации на функции и дисфункции управления народно-хозяйственным воспроизводственным процессом // Экономические системы. 2016. № 1. С.7 – 10.
13. Стрельцов А.В. Особенности формирования и реализации промышленной политики в современных условиях // Экономические науки. 2016. № 138. С. 74 – 78.
14. Наука, инновации и информационное общество/ Федеральная служба государственной статистики. – http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/science_and_innovations.
15. Технологическое развитие отраслей экономики / Федеральная служба государственной статистики. – http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/economydevelopment.
16. Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. М. : Изд-во Прогресс, 1982. 452 с.
17. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М. : «Эксмо», 2016. 138 с.
18. Цветков В.А., Сухарев О.С. Экономический рост России: новая модель управления. М. : Ленанд, 2017. 352 с.
19. Эшби У. Росс. Введение в кибернетику. Москва. 2009. 432 с.
20. Миллер А.Е., Миллер М.А. Концептуальные основы технологизации промышленного производства // Изв. УрГЭУ. 2016. № 6 (68). С. 88 – 97.

STATE AND DEVELOPMENT EVALUATION OF PRODUCTION TECHNOLOGIES IN THE MANUFACTURING INDUSTRY

A.E. Miller, T.I. Reutova

ABSTRACT

Introduction. The methodology formation of the status and the development of the production technologies at the manufacturing industry enterprises of the Russian Federation in the context of priority scientific and technological development of the Russian economy are presented in the article.

Materials and methods. The basic methodological approaches used for the research are the system and the process approaches, which are reflected in scientific and practical material of the general systems theory, also the theory of the organization and the technical and technological approaches.

Results. The scientific development concept of the production technologies at the manufacturing industry enterprises is directed to the determination of the maintenance versatility and to the multidirectivity extension of the new technologies' implementation in domestic manufacturing industry within the development priorities of the Russian scientific and technical complex.

Within the practical implementation of the production technologies' development concept the organizational business case capable model is proposed for providing the achievement of the technological orientation influence of the manufacturing industry enterprise and for the acceptable version of the organizational decision's choice.

Conclusion. The main directions of the received results' usage would be the adjustment of the state programs' contents towards subprogrammes (sections) adding for modernization according to the new technological directions; the actions' separation directed to support the research in the digital and additive production sphere, the robotic technology and new production technologies would be implemented.

KEYWORDS: production technologies, manufacturing industry, technological development, model, concept, evaluation.

REFERENCES

1. Posner M. Megdunarodnia trgovlia i ismenenie tehnologii: Vechi ekonomizchoi misli T 6. Megdunarodnaja economica [International trade and change of technology// Milestones of economic thought Vol.6 the International economy]. Moscow, TEIS, 2006. pp. 436 – 453.

2. Schiks Dg. Stoimost I capital [Cost and capital]. Moscow, Progress. 1988. 191 p.

3. Warschavskij A.E. O strategii nauschno-technologischeskogo rasvitiia rossijskoj economici [O of the strategy of scientific and technological development of the Russian economy]. Obschestvo i economica, 2017, no. 6, pp. 5 – 27.

4. Warschavskij A.E. Problemi i pokasateli rasvitiia innovazionnich system. [Problems and indicators of development of innovative systems]. Moscow, Nauka, 2005. 382 p.

5. Komkov N.I. Uslovia strukturno-innovazionnoj politiki rasvitiia economici Rossii [Conditions of structural and innovative policy of development of economy of Russia]. Modernizatschia. Innivazii. Rasvitie, 2017, Vol. 8, no. 1 (29), pp. 80 – 87.

6. Frolov I.Ye. Visokotechnologiznij sector promishlennosti Rossii: sostoianie, tendenzii, mekhanizmi innovazionnogo rasvitiia. [Hi-tech sector of the industry of Russia: state, tendencies, mechanisms of innovative development]. Moscow, Nauka, 2007. 583 p.

7. Kloschikov V.V. Analiz wliania tehnologoscheskich sdvigov v energetike na ustoiischivost rossijskoj economici [The analysis of influence of technological shifts in power on stability of the Russian economy]. Nazionalnie interesi: prioriteti i besopasnost, 2017, Vol. 13, no. 4 (349), pp. 684 – 698.

8. Schepard G., Dandon Ye. Innovazii: kak opredeljat

tendenzii i izvlekat vigodu [Innovations: how to define tendencies and to benefit]. Moscow, Verschina, 2006. 304 p.

9. Varfolomeev V.P. Visokotechnologiznoe proizvodstvo: resursi rasvitiia, osobennosti innovazionnogo prozessa i problem ozenki yeffektivnosti [Hi-tech production: resources of development, feature of innovative process and problem of assessment of efficiency]. Nauka i praktika, 2013, no. 2 (10), pp. 87 – 101.

10. Kleiner G.B. Sistemnaj modernischazia oteschestvennich predpriatij: teoretischeskoj obosnovanie, motivi, prinzipi. [System modernization of the domestic enterprises: theoretical justification, motives, principles]. Economica regiona, 2017, Vol. 13, no. 1, pp. 13 – 24.

11. Turovez O.G., Rodionova V.N. O nekotorig problemach obespeschenij effektivnoj organizaschii visokotechnologischnogo proizvodstva [About some problems of providing the effective organization of hi-tech production]. Organizator proizvodstva, 2016, no. 1 (68), pp. 47 – 53.

12. Gerasina Yu.A. Vosdeistvie globalnoj transformazii na funkzii i disfunkzii upravlenia narodno-chosjastvennim vosproisvodstvennim prozessom [Impact of global transformation on function and dysfunction of management of economic reproduction process]. Economischeskie sistemi, 2016, no. 1, pp. 7 – 10.

13. Strelzova A.V. Osobennosti formirovania i realizaschii promishlennoj politiki v sovremennich usloviach [Features of formation and realization of industrial policy in modern conditions]. Economischeskie nauki, 2016, no. 138, pp 74 – 78.

14. Nauka, innovazii i informazionnoe obschestvo [Science, innovations and information society]. Federalnaj slugba gosudarstvennoj statistiki. http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/science_and_innovations.

15. Technologischeskoe rasvitie otralei economiki

[Technological development of branches economy]. Federalnaja slugba gosudarstvennoj statistiki – http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/economydevelopment/#

16. Schumpeter J. Teoria ekonomischeskogo razvitiia [Theory of economic development]. Moscow, Progress, 1982. 452 p.

17. Schwab K. Zetvertaj promischlennaj revoliuzia [Fourth industrial revolution]. Moscow, Yeksmo, 2016. 138 p.

18. Zvetkov V.A., Sucharev O.S. Ekonomicheskij rost Rossii: novaja model upravleniia [Economic growth of Russia: new model of management]. Moscow, Lenand, 2017. 352 p.

19. Yeschbi U. Ross Vvedenie v kibernetiku [Introduction to cybernetics]. Moscow, 2009. 432 p.

20. Miller A.Ye., Miller M.A. Konseptualnie osnovi technologisazii promischlennogo proizvodstva. [Conceptual bases of technologization of industrial production]. Izvestia UrGEU, 2016, no. 6 (68), pp. 88 – 97.

Поступила 06.12.2017, принята к публикации 15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Миллер Александр Емельянович (г. Омск, Россия) – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Экономика и финансовая политика» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского» (644077, г. Омск, пр. Мира, 55а, e-mail: aem55@yandex.ru).

Miller Alexander Emelyanovich (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Economic

Sciences, Professor, Professor of the Department of Economy and Financial Policy of the Omsk State University named after F.M. Dostoevsky) (644080, Mira, 55a prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: aem55@yandex.ru).

Реутова Татьяна Ивановна (г. Омск, Россия) – аспирант кафедры «Экономика и финансовая политика» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского» (644077, г. Омск, пр. Мира, 55а, e-mail: t.reutova@gmail.com).

Reutova Tatiana Ivanovna (Omsk, Russian Federation) – post-graduate student of the Department of Economy and Financial Policy, of the Omsk State University named after F.M. Dostoevsky) (644077, Mira, 55a prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: t.reutova@gmail.com).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Миллер А.Е. Постановка исследовательской проблемы. Определение методологии исследования. Обоснование концепции развития производственных технологий.

Реутова Т.И. Раскрытие методов исследования. Аналитическая обработка информации по производственным технологиям на основе статистических данных. Обоснование модели российского варианта развития производственных технологий.

УДК 314.7

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДЕЛИ РЕГУЛИРОВАНИЯ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕГИОНЕ (НА ПРИМЕРЕ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ)

В.С. Половинко

ФГБОУ ВО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского», г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье рассматриваются вопросы регулирования миграционных процессов. Материал излагается на основе исследования миграционных ожиданий населения Омской области, проведенного под руководством автора.

Материалы и методы. Эмпирический анализ дает основания для определения методологических предпосылок разработки модели регулирования. Выделяются три подхода, которые стали основой для разработки модели: системный, институциональный и программно-целевой. На основании теоретического анализа доказывается необходимость и возможность разработки региональной миграционной политики. Дается обоснование использования понятия «регулирование» взамен понятия «управление», предлагается использование институционального подхода, поскольку миграционные ожидания базируются на неформальных институтах. Развивается тезис о соотношении объективного и субъективного в формировании

миграционных ожиданий. Различая понятия «причина» и «факторы», автор уточняет классификацию факторов миграции и выделяет политическую, социальную, экономическую и географическую среду. Далее в статье выделяются факторы, исходящие из каждого вида среды. **Результаты и обсуждение.** В статье показывается, что политическая среда в большей степени относится к параметрам внешней относительно региона среды. При исследовании выявлено, что немаловажным фактором миграции в условиях чрезмерной дифференциации развития регионов, удаленности от центральных городов является доступность к культурным и досуговым ценностям, возможности туризма, отдыха. Результаты исследования показали, что экономическая среда определяется как внешними условиями, не зависящими от региона (экономическая политика страны, стадии развития экономики России, программы экономического развития отраслей, налоговая политика и пр.), так и внутренними условиями (политика относительно предпринимательства, поддержка отраслей, субсидирование, грантовая поддержка, инвестиционная привлекательность региона и пр.). На экономическую среду региона существенно повлияла федеральная политика относительно регистрации субъектов хозяйствования.

Значимость. Автор обосновывает роль и полномочия субъектов регулирования миграционных процессов исходя из особенностей внешней и внутренней среды. При анализе возможностей регулирования миграционных процессов приводятся статистические данные и результаты исследования, проведенного авторским коллективом. В статье приводится опыт регулирования миграционных процессов в Омской области.

Заключение. В заключение делается вывод о том, что необходимо дополнить показатели эффективности регулирования миграционных процессов в регионе показателями мониторинга миграционной привлекательности не только региона в целом, но и отдельных направлений его жизнедеятельности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: миграционные процессы, регулирование, системный подход, институты, субъекты управления.

БЛАГОДАРНОСТИ: работа выполнена при поддержке гранта РГНФ проект № 16-12-5503а.

ВВЕДЕНИЕ

Миграционные процессы в регионах современной России имеют экономические и социальные последствия, которые часто ставят под угрозу реализацию стратегий развития, порождают диспропорции на рынке труда, формируют субъективно отрицательные характеристики социального самочувствия. Новые центростремительные тенденции еще не до конца осознаны с точки зрения причин и факторов, их формирующих, а также требуют корректировки экономической и социальной политики в рамках регионального управления. Поэтому целью данного исследования является определение методологических оснований для разработки модели регулирования миграционных процессов. Задачами исследования являются выявление возможностей методологических подходов в определении содержания модели; уточнение характеристик модели и роли региональных субъектов в регулировании миграционных процессов.

Нерешенность обозначенных выше проблем порождает дискуссию о том, следует ли в регионе иметь миграционную политику или достаточно иметь политику экономическую, образовательную, социальную и пр. Поэтому в

рамках исследования было обращено внимание на методологические аспекты разработки модели регулирования миграционных процессов в рамках реализации миграционной политики.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ

В качестве методологических оснований исследования выбран сравнительный анализ подходов: системный, институциональный, процессный, программно-целевой, функциональный и др. Анализ показывает возможности использования подхода применительно к предмету исследования. Эмпирической основой для формулирования результатов явились результаты опроса населения Омской области, который был проведен кафедрой экономики и управления человеческими ресурсами в 2016 – 2017 гг. по авторской методике. Всего по квотной выборке было опрошено 2445 человек, результаты обработаны с помощью программы SPSS. Кроме того, анализировался опыт регулирования миграционных процессов в пятнадцати регионах России (публикации, материалы открытых источников – сайты, документы, контент-анализ публикаций в СМИ, программы развития регионов).

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучив возможности различных методологических подходов (системный, процессный, институциональный, программно-целевой, функциональный и др.) [19,16,9,5,11,2,4,8,12,14,17], считаем, что для разработки модели регулирования миграционных процессов в регионе наиболее перспективными являются программно-целевой, институциональный и системный.

1. В дискуссии о необходимости разработки специальной региональной миграционной политики одни считают, что миграционные процессы есть следствие географических, экономических, социальных и политических процессов и проблем. Поэтому их решение должно осуществляться в рамках «отраслевых» активностей, совокупность которых позволит оптимизировать проблемы миграции. В настоящее время в Омской области реализуются 18 государственных программ: «Развитие системы образования Омской области», «Развитие здравоохранения Омской области», «Социальная поддержка населения», «Развитие физической культуры и спорта и реализация мероприятий в сфере молодежной политики в Омской области», «Создание условий для обеспечения граждан доступным и комфортным жильем и жилищно-коммунальными услугами в Омской области», «Развитие культуры и туризма на 2014 – 2020 гг.», «Регулирование отношений в сфере труда и занятости населения Омской области», «Охрана окружающей среды Омской области», «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций, участие в обеспечении общественного правопорядка и общественной безопасности Омской области», «Доступная среда», «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Омской области», «Развитие экономического потенциала Омской области», «Оказание содействия добровольному переселению в Омскую область соотечественников, проживающих за рубежом», «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Омской области», «Развитие промышленности в Омской области». Анализ содержания программ показывает, что часть из них напрямую связана с проблемами миграции (содействие переселению, отношения в сфере труда и занятости), остальные направлены на решение отраслевых задач, лишь косвенно влияющих на проблемы миграции [18,1,3]. Таким образом, наличие большого количества программ не

способно в концентрированном виде воздействовать на миграционные процессы и ожидания населения.

Сторонники другого подхода отмечают, что миграционная политика носит всеобъемлющий характер и концентрирует внимание органов управления и других субъектов на острую, актуальную, приоритетную проблему, объединяя усилия, мероприятия и программы на ее решение. Это исходит из комплексности, многофакторности миграционных процессов.

Результаты нашего исследования показали остроту проблем миграции в Омской области. Около 40% населения не исключают возможности переезда из Омской области. Конечно, это не фактические параметры миграции, а лишь миграционные ожидания. Но отрицательное сальдо миграции Омской области год от года возрастает. Межрегиональная миграция в 2011 г. составляла 6 144 чел., в 2016 г. уже – 10 192 чел. Миграционная убыль за январь-октябрь 2017 г. составила 8 848 чел., превысив этот показатель 2016 г. практически в 2 раза [13]. Все это свидетельствует о нарастании негативных процессов и еще более актуализирует проблему иммиграции населения из Омской области.

Принимая во внимание принципы управления экономическими системами, считаем, что для регулирования наиболее значимых приоритетных проблем следует применить положения программно-целевого метода, который включает в себя: «внедрение механизма определения эффективности программных мероприятий не только для той сферы, на которую они были нацелены, но и для других отраслей, подпадающих под влияние программных мероприятий; согласование всех программ и мероприятий, реализуемых в регионе; реализацию системы мер мониторинга и контроля программных мероприятий» [6]. Исходя из того что проблема носит приоритетный, обостряющийся во времени характер, проявляется во всех сферах жизнедеятельности региона, полагаем необходимым в Омской области разработать миграционную политику, которая концентрировала бы внимание всех реализуемых в регионе программ и мероприятий на решение первоочередной комплексной проблемы, интегрировала мероприятия и усилия субъектов.

Поэтому в модели регулирования миграционных процессов миграционная политика должна стать базовым элементом, определяющим цели, задачи, полномочия субъектов, целевые индикаторы (влияние на миграционные

ожидания) программных мероприятий, мониторинг процесса и влияния. Соответственно должен быть обозначен субъект (координирующий орган), ответственный за реализацию миграционной политики и согласованность действий.

2. Воздействие на корректировку миграционных процессов носит как непосредственно прямой характер, где целью являются конкретные мероприятия по изменению миграционных процессов, так и косвенный, реализующийся через мероприятия общэкономического характера и социальную политику региона. Исходя из этого следует обратить внимание на потенциал такой методологии, как институциональный подход, согласно которому отношения и процессы (как и системы в целом) подвержены влиянию институтов. Институтами является система формальных (Конституция, законы, указы и соглашения) и неформальных (обычаи, традиции, условности, привычки и т.п.) правил, определяющих взаимоотношения людей в обществе, «правила игры» в обществе; привычный образ мысли, руководствуясь которым живут люди; результат процессов, происходящих в прошлом [10]. Институциональный подход в рамках настоящего исследования позволяет:

- объяснить причину, почему в регионах, где объективные показатели социально-экономического положения (уровень обеспечения жильем, уровень безработицы, возможности трудоустройства, показатели медицинского обслуживания, качества образования и пр.) относительно высоки, наблюдается тем не менее повышенный уровень миграционных ожиданий населения;

- оценить роль формальных и неформальных институтов при регулировании миграционных процессов, их соотношение с точки зрения влияния процессов;

- определить совокупность методов воздействия на миграционные процессы: объективные (отражающие формальные институты) и субъективные (информационные потоки, работа с традициями и мифами, учет ценностных ориентаций и мотивационных предпочтений, показатели социального самочувствия и пр.).

Институциональный подход позволяет также определить форму управленческого воздействия на миграционные процессы. Исходя из высокой роли неформальных институтов в формировании миграционных ожиданий представляется более обоснованным использовать понятие «регулирование», а не «управление». Управление как активная дея-

тельность субъекта по планированию, организации, мотивации и контролю характеристик объекта предполагает воздействие с помощью объективных инструментов и относительно пассивную роль объекта. Регулирование же в отличие от управления предполагает: приведение в порядок, упорядочение механизмов, деятельности; совокупность предписаний, исходящих из органов управления с целью внесения порядка в определенную сферу жизнедеятельности; форму целенаправленного управляющего воздействия, ориентированного на поддержание равновесия в управляемом объекте и на его развитие посредством введения в него регуляторов (норм, правил, целей, связей). То есть регулирование относится к проблеме управления, но основано на более гибком взаимодействии субъекта и объекта, в том числе на основе неформальных институтов. Поэтому в модели мы будем использовать понятие «регулирование».

3. Миграционные процессы в регионе интегрированы в систему внешней среды, которые определяют их функционирование в определенных условиях. Среда в свою очередь порождает факторы, под воздействием которых осуществляются миграционные процессы.

В таблице, описывающих результаты исследований миграционных процессов, представлены в большей степени причины, на основании которых формируются миграционные ожидания [15]. В этой связи для научного исследования и управления важно определить не столько причины, сколько факторы. Если причины – это «основание, предлог для каких-нибудь действий», то в самом общем виде факторы (от лат. factor – делающий, производящий) определяются как «значимые, латентные переменные, находящиеся в определенной (различной по тесноте и характеру) взаимосвязи с исследуемым объектом или процессом» [7]. Поэтому в рамках исследования под факторами мы будем понимать все те явления, процессы, которые воздействуют на миграционные процессы и тем или иным образом определяют изменение его основных характеристик и особенностей.

Причина может быть следствием одного или нескольких факторов. Например, «низкая заработная плата в регионе» как причина может являться как следствием фактора «состояние рынка труда», в котором предложение труда превышает спрос на труд, так и фактора «развитие экономики региона», который предопределяет структуру рабочих мест и их качество. С другой стороны, один фактор может

Таблица
НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ ВЛАСТИ
ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ МИГРАЦИОННОГО ОТТОКА (N=2445 ЧЕЛ.)
Table
DIRECTIONS OF AUTHORITIES' ACTIVITIES
TO REDUCE THE MIGRATION FLOW (N = 2 445 PEOPLE)

Варианты ответа	%
Повысить уровень жизни	57,4
Повысить заработную плату	50,7
Улучшить социально-экономические условия	45,4
Повысить доступность жилья	40,5
Снизить цены на продукты, ЖКХ	23,2
Улучшить политику управления регионом	18,4
Развивать государственную молодежную политику	10,2
Развивать транспортную и социальную инфраструктуры	8,2
Улучшить экологическую обстановку	4,5
Развивать культурную среду	2,8
Ничего, Омская область является привлекательной для жителей других регионов	1,5
Другое	1,0
Ничего, миграционного оттока нет	0,6

порождать несколько причин. Например, «доступность жилья» как фактор может вызывать причину переезда вследствие невозможности найти подходящее жилье, а может быть причиной из-за плохого качества, имеющегося на рынке вариантов проживания.

При выделении факторов, влияющих на миграционные процессы, чаще всего обращается внимание на их зависимость от условий внешней и внутренней среды региона. Такое разграничение позволяет с точки зрения регионального управления выделить сферы компетенции по воздействию на процесс.

Внутрирегиональные факторы могут и должны корректироваться субъектами, находящимися внутри региона. В то время как внешние факторы для регионального управления являются фоном и контекстом, влияние на которые со стороны региона невелико или отсутствует вовсе.

Включение факторов среды в модель регулирования позволяет:

- определить полномочия субъектов регулирования;
- сформулировать цели регулирования;
- оценить потенциал влияния на миграционные процессы;
- уточнить факторы миграционных процессов.

Субъект управления должен четко определить сферу возможных управленческих воз-

действий на процессы с этой точки зрения. Факторы внешние должны восприниматься как данность, в которой происходит развитие региональной системы. Так, к внешним факторам миграционных процессов относится государственная политика в сфере образования. Механизм ЕГЭ, внедренный в практику, сформировал миграционные потоки абитуриентов, поскольку снял межрегиональные барьеры, позволив выбирать для продолжения обучения несколько вузов, подать документы, не выезжая из своей местности. Кроме того, формирование сети федеральных и научно-исследовательских вузов, их приоритетное финансирование сформировали привлекательность на рынке образовательных услуг. Поэтому регионы, в которых не создано таких образовательных учреждений, ощущают миграционные процессы, обусловленные переездом на учебу в крупные образовательные центры России.

Необходимым условием успешного функционирования миграционных процессов является его баланс с внешней средой, то есть соответствие структуры, целевой ориентации, методов требованиям внешнего окружения. Поэтому и регулирование миграционных процессов как элемент системы управления регионом должно соответствовать внешней среде с точки зрения использования ресурсов (трудовых, финансовых, технологических, материальных и др.).

Как известно, среда не является однородной, поэтому ее можно разделить на виды: географическая, политическая, экономическая, социальная.

Географическая среда определяет пространственное расположение региона, природно-климатические условия жизнедеятельности, наличие ресурсов для экономического развития. Степень влияния на эту среду минимальна. С точки зрения проблем миграции для Омской области она предъявляет требования к системе ЖКХ, жилищным условиям, необходимости дополнительных затрат на одежду, обустройство жилья и пр. Немаловажным фактором миграции в условиях чрезмерной дифференциации развития регионов, удаленности от центральных городов является доступность к культурным и досуговым ценностям, возможности туризма, отдыха. Этот фактор как значимый отмечают 24,2% молодежи. Поэтому в миграционной политике особенно должны стоять вопросы транспортной инфраструктуры, развития туризма, развития собственных культурных мероприятий и проектов.

Политическая среда в большей степени относится к параметрам внешней относительно региона. Она определяет роль и полномочия субъектов государственного управления региона (Правительства Омской области, муниципального образования, Законодательного Собрания Омской области, выборных органов муниципального управления, федеральных органов управления, расположенных в регионе и пр.). Кроме того, федеральный уровень политической среды определяет политику в области образования, культуры, медицинского обслуживания и пр. Вместе с тем 18,4% опрошенных отметили как значимый фактор миграции политическую среду региона. Именно это определяет доверие населения органам власти и восприятие перспектив развития региона. Контент-анализ публикаций и комментариев в интернет-прессе (сайт БК55, Омскинформ, СуперОмск, Новый Омск) показал, что в течение одного месяца (апрель 2017 г.) доля негативных высказываний об эффективности власти составляет 67%. Для Омской области характерно недоверие вследствие многолетнего противостояния органов управления регионом и городом Омском.

Экономическая среда с точки зрения населения Омской области является наиболее значимой для регулирования миграционных процессов. На вопрос «Что необходимо принять органам власти для того, чтобы сократить миграционный отток из Омской области?» более 61% обозначили экономические

факторы. Экономическая среда определяется как внешними условиями, не зависящими от региона (экономическая политика страны, стадии развития экономики России, программы экономического развития отраслей, налоговой политикой и пр.), так и внутренними условиями (политика относительно предпринимательства, поддержка отраслей, субсидирование, грантовая поддержка, инвестиционная привлекательность региона и пр.). На экономическую среду региона существенно повлияла федеральная политика относительно регистрации субъектов хозяйствования. Так, перерегистрация градообразующего предприятия «ГазпромНефть-ОМПЗ» существенно повлияла на доходную базу бюджета Омской области и негативно повлияла на реализацию социальных программ и программ развития инфраструктуры региона. Аналогичные процессы происходят в сфере машиностроения. Все больше экономические условия развития региона зависят от участия в федеральных программах на условиях софинансирования. Региональная экономическая политика в большей мере ориентирована на создание инвестиционной привлекательности, поддержку малого и среднего бизнеса, формирование условий для развития человеческих ресурсов (подготовка и переподготовка кадров), ценовая политика, поддержка предприятий путем льготного налогообложения и пр. Несмотря на ограниченность возможностей регион имеет потенциал для создания благоприятной экономической среды.

Социальная среда является определяющей с точки зрения методов регулирования и факторов миграционных процессов. Преобладающее количество ответов респондентов касается именно этого аспекта (см. таблицу). Социальная среда определяется структурой населения. Для Омской области характерно смещение социальных групп (трудоспособное население) в сторону молодежи (34,5%). По полу – структура практически пропорциональна. По месту проживания трудоспособного населения преобладает существенно городское население (875 330 чел.) по сравнению с сельским (314 147 чел.). Это должно быть отражено и в приоритетах миграционной политики региона (в частности, выделение молодежи в отдельную группу).

Социальная среда с точки зрения социальной инфраструктуры формируется регионом, определяя доступность и качество образования, здравоохранения, сферы услуг, культурно-досуговой сферы, торговли, доступности жилья, качество транспортной инфраструкту-

ры и пр. Роль и влияние региональных субъектов в этой части определяющие. Поэтому именно эти характеристики объективно должны преобладать в миграционной политике и модели регулирования.

Анализ объективных показателей состояния социальной сферы демонстрирует по сравнению с другими регионами России средние и выше среднего показатели по конкурентоспособности образования, развитию культуры, спорта, транспортной инфраструктуры, обеспечению жильем и др. Вместе с тем субъективное восприятие ситуации находится в негативном фоне. Контент-анализ публикаций в интернет-прессе (сентябрь-октябрь 2017 г., БК55, Омскинформ, СуперОмск, Новый Омск) показывает подавляющее большинство негативных откликов (более 80%). Лозунг «Не пытайтесь покинуть Омск» стал одним из обсуждаемых. Поэтому информационное сопровождение, работа с субъективным восприятием должны стать одним из главных направлений миграционной политики и стать важным элементом модели регулирования.

Исходя из принципов системности среда функционирования миграционных процессов

определяет цели системы. Поэтому в модели должны быть заложены цели, которые измеримы и конкретны. Миграционные цели, на наш взгляд, должны характеризовать эффективность реализации всех программ развития региона (например:

снизить миграционный отток до ____ %, в том числе среди молодежи ____ %;

повысить миграционную привлекательность региональной системы образования;

повысить миграционную привлекательность предприятий и организаций города).

Однако для измерения целевых показателей будет недостаточно статистических и отраслевых данных. Поэтому в модели регулирования должны быть заложены мониторинговые механизмы, направленные на оценку миграционной привлекательности отрасли, направления жизнедеятельности региона, оценку того, как мероприятия повлияли на миграционные ожидания.

Исходя из вышеизложенного, общую структуру модели регулирования миграционных процессов в регионе можно представить следующим образом (см. рисунок).

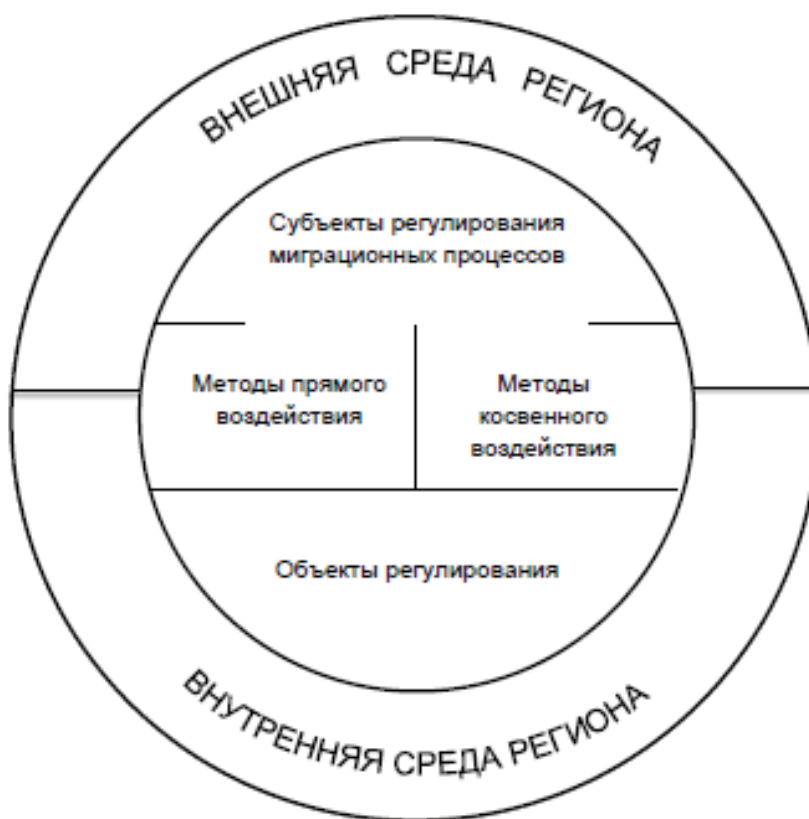


Рисунок – Общая структура модели регулирования миграционных процессов в регионе
Figure – General structure of the migration processes' model in the region

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, наиболее перспективными методологическими основаниями для разработки модели регулирования миграционных процессов являются программно-целевой, институциональный и системный. Определив параметры модели регулирования, в дальнейшем необходимо уточнить ее содержание и взаимодействие разных элементов, опираясь на системную методологию. Потенциал проведенного исследования не исчерпан отмеченными результатами. Оно позволяет сформулировать новые гипотезы и вскрыло новые проблемы, сформировало обширную базу для более глубокого анализа, постановки новых задач. В частности, перспективным считаем разработку региональной концепции профориентации как фактора закрепления молодежи и населения в образовательных организациях, на предприятиях региона; разработку HR-бренда омских предприятий и организаций; создание эффективных механизмов активного вовлечения профессиональных сообществ, общественных объединений в разработку и реализацию миграционной политики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арбуз А.В. Экспертная оценка миграционных процессов в Омской области // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2017. № 3 (58). С. 165 – 173
2. Виноградова А.В. Институциональная экономика: теория и практика. Нижний-Новгород. 2012. 70 с
3. Диннер И.В. Профориентация как фактор регулирования миграционных процессов и рынка труда // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2017. № 2 (58). С. 139 – 145.
4. Клир Дж. Наука о системах: новое измерение науки // Системные исследования: методологические проблемы: Ежегодник. М. : Наука, 1983. С. 65 – 87.
5. Коуз Р.Г. Природа фирмы / Теория фирмы / Под ред. В.М. Гальперина. СПб. : Экономическая школа, 1995. 534 с.
6. Кохужева С. Н. Программно-целевое управление социально-экономическим развитием региона: роль организационно-экономического механизма в разработке региональных целевых программ социально-экономического развития // Российское предпринимательство. 2011. N 8, вып. 1. С. 156 – 161.
7. Краткий словарь по социологии / под ред. Д.М. Гвишиани, Н.И. Лапина. М. : Политиздат; 1988. 479 с.
8. Кузьмин С.А. Социальные системы: опыт структурного анализа. М. : Наука, 1996. 191 с.
9. Могилевский В.Д. Методология систем: вербальный подход / Отд. Экон. РАН; науч.-ред. совет изд-ва «Экономика». М. : ОАО «Изд-во «Экономика», 1999. 215 с.
10. Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики. М. : Начала, 1997. 7 с.
11. Нуреев Р.М. Россия: резервы институционального развития // Журнал институциональных исследований. 2009. № 1. С.6 – 21.
12. Олейник А.Н. Институциональная экономика. М. : Инфра-М, 2002. 416 с.
13. Основные показатели миграции населения Омской области (http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/omsk/ru/statistics/population). Дата обращения – 21.12.2017).
14. Паньков А.Ф. Теория развития систем и системная теория логики : В 2 кн. Пермь : Изд-во МП «Книга», 1993
15. Половинко В.С. Диннер И.В. Влияние профориентации на миграцию и перспективы рынка труда // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. 2017. Том 3. № 3. С. 19 – 32.
16. Половинко В.С. Управление персоналом: системный подход и его реализация. М. : Знание-Информ, 2002. 514 с.
17. Пригожин А.И. Системы и люди. М. : Политиздат, 1983. 176 с.
18. Сводный годовой доклад «О ходе реализации и об оценке эффективности государственных программ Омской области за 2016 год» (<http://omskportal.ru/ru/government/Gosprogrammy.html>). Дата обращения 23.12.2017).
19. Управление – это наука и искусство: А. Файоль, Г. Эмерсон, Ф. Тейлор, Г. Форд. М., Проспект, 2002. 435 с.

GENERAL CHARACTERISTICS OF MIGRATION PROCESSES' REGULATION IN THE REGION (ON THE BASIS OF OMSK REGION)

V.S. Polovinko

ABSTRACT

Introduction. The article discusses the questions of regulation of migration processes. The research material is presented basing on the study of population migration expectations of Omsk region, which is carried out by the author of the article.

Materials and methods. The empirical analysis provides the definition of the methodological prerequisites for the model regulation development. The author identifies three approaches that become the basis for the following model: systemic, institutional and program budgeting. According to the theoretical analysis the necessity and possibility of the regional migration policy development are proved. The justification for the term "regulation" usage instead of the concept "control", because of the institutional approach and migration expectations, which are based on informal institutions, is presented. Additionally, the

thesis about the correlation of objective and subjective in the formation of migration expectations is developed in the research.

Results. Distinguishing the concept of “cause” and “factors”, the author clarifies the classification of migration factors and highlights the political, social, economic and geographical environment. The article shows that the political environment is more related to parameters of external region’s position. The research reveals the important factor of migration in conditions of excessive differentiation of regions development, which is distant from the central regions of the Russian Federation and the cultural and recreational values, tourism opportunities, recreation in such cities are more available than in Omsk region. As the result, the research shows the economic environment depends from the external conditions (the economic policy of the country, the stage of development of Russian economy, the tax policy, etc.) and internal conditions (policy on enterprises, supporting industries, subsidies, grant support, investment attractiveness of the region, etc.). Therefore, economic environment of the region significantly influences on the Federal policy, especially on the regulation of migration processes based on the characteristics of the external and internal environment.

Conclusion. The author concludes that there are needs to provide additional indicators of the effectiveness of migration management in the region, which would significantly help to monitor the attractiveness of the region as a whole and as separate directions.

KEYWORDS: migration processes, regulation, system approach, institutions, management subjects.

REFERENCES

1. Arbuz A.V. Jekspertnaja ocenka migracionnyh processov v Omskoj oblasti [Expert assessment of migration processes in the Omsk region]. Bulletin of Omsk University. Series “Economics”. 2017, no. 3 (58), pp. 165 – 173.
2. Vinogradova A.V. Institucional'naja jekonomika: teoriya i praktika [Institutional Economics: Theory and Practice]. Nizhny Novgorod, 2012. 70 p.
3. Dinner I.V. Proforientacija kak faktor regulirovanija migracionnyh processov i rynka truda [Vocational guidance as a factor in regulating migration processes and the labor market. Bulletin of Omsk University]. Series «Economics». 2017 no. 2 (58), pp.139 – 145.
4. Clear J. Nauka o sistemah: novoe izmerenie nauki [The science of systems: a new dimension of science]. Sistemnye issledovanija: metodologicheskie problemy: Ezhegodnik. Moscow, Nauka, 1983. pp. 65 – 87.
5. Coase R.G. Priroda firmy. Teorija firmy [Nature of firm. Theory of firm]. Sankt-Peterburg, Economic School, 1995. 534 p.
6. Kozhuzheva S.N. Programmno-celevoe upravlenie social'no-jekonomicheskim razvitiem regiona: rol' organizacionno-jekonomicheskogo mehanizma v razrabotke regional'nyh celevyh programm social'no-jekonomicheskogo razvitiya [Program-oriented management of the socio-economic development of the region: the role of the organizational and economic mechanism in the development of regional targeted programs for social and economic development]. Russian Entrepreneurship. 2011, no. 8, issue. 1. pp. 156 – 161.
7. Kratkij slovar' po sociologii [Brief Dictionary of Sociology]. Ed. D.M. Gvishiani, N.I. Lapin. Moscow, Politizdat; 1988. 479 p.
8. Kuzmin S.A. Social'nye sistemy: opyt strukturnogo analiza [Social systems: the experience of structural analysis]. Moscow, Nauka, 1996. 191 p.
9. Mogilevsky V.D. Metodologija sistem: verbal'nyj podhod [Methodology of systems: a verbal approach]. Otd. Econ. RAS; Scientific ed. council of the publishing house “Economics”. Moscow, JSC “Publishing house” “Economics”, 1999. 215 p.
10. North D. Instituty, institucional'nye izmenenija i funkcionirovanie jekonomiki [Institutions, institutional changes and the functioning of the economy]. Moscow, Start, 1997. 7 p.
11. Nureyev R.M. Rossiya: rezervy institucional'nogo razvitiya [Russia: Reserves of Institutional Development]. Journal

of Institutional Studies. 2009, no. 1, pp.6-21.

12. Oleinik A.N. Institucional'naja jekonomika [Institutional economy]. Moscow, Infra-M, 2002.416 p.

13. Osnovnye pokazateli migracii naselenija Omskoj oblasti [The main indicators of migration of the population of the Omsk region] (http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/omsk/ru/statistics/population/). Date of circulation – 21.12.2017).

14. Pankov A.F. Teorija razvitiya sistem i sistemnaja teorija logiki [The theory of system development and the system theory of logic]. In 2 books., Perm: Izd-vo MP «The Book», 1993.

15. Polovinko V.S., Dinner I.V. Vlijanie proforientacii na migraciju i perspektivy rynka truda [The influence of career counseling on migration and labor market prospects]. Bulletin of the Tyumen State University. Socio-economic and legal research. 2017, Vol. 3, no. 3, pp. 19 – 32.

16. Polovinko V.S. Upravlenie personalom: sistemnyj podhod i ego realizacija [Personnel management: a systematic approach and its implementation]. Moscow, Knowledge-Inform, 2002. 514 p.

17. Prigogine A.I. Sistemy i ljudi [Systems and people]. Moscow, Politizdat, 1983.176 p.

18. Svodnyj godovoj doklad «O hode realizacii i ob ocenke jeffektivnosti gosudarstvennyh programm Omskoj oblasti za 2016 god» [Consolidated Annual Report «On the progress of implementation and evaluation of the effectiveness of the state programs of the Omsk region for 2016»] (<http://omskportal.ru/ru/government/Gosprogrammy.html>). Date of circulation 23.12.2017).

19. Upravlenie – jeto nauka i iskusstvo: A. Fajol', G. Jemerson, F. Tejlor, G. Ford. M. [Management is a science and art: A. Fayol, G. Emerson, F. Taylor, G. Ford.M.]. Prospect, 2002. 435 p.

Поступила 25.01.2018, принята к публикации 15.02.2018.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Половинко Владимир Семенович (г. Омск, Россия) – доктор экономических наук, профессор, ORCID i 0000-0001-6858-045X, Scopus Author ID – 56.728.354.400: Web of Science

приятия. Финансовое состояние предприятия (ФСП) характеризуется системой показателей, отражающих состояние капитала в процессе его кругооборота и способность субъекта хозяйствования финансировать свою деятельность на фиксированный момент времени.

Широко представленные в работах отечественных и зарубежных исследователей, таких как Е.С. Стоянова, И.А. Бланк, Дж. Шим, Сигел Джоэл, В.В. Ковалев, Е.Ф. Тихомиров, О.Ю. Матанцева и др [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и др], методики анализа финансового состояния объекта не подлежат критическому осмыслению, достаточно известны и положены в основу методических рекомендаций [8].

Аналитические коэффициенты ликвидности баланса (платежеспособности организации), финансовой устойчивости (независимости) определяют финансовую оболочку субъекта хозяйствования на определенную дату, а это можно сравнить с фотографией предприятия с высоты птичьего полета – видны общие очертания, но не определяются частности. Анализ финансового состояния с использованием консолидированной финансовой отчетности позволяет говорить только о той финансовой ситуации, которая складывается в целом по предприятию, без учета ассортиментной и ценовой политики, анализа состава и структуры затрат, формирующих себестоимость единицы реализации. Эти вопросы могут быть решены только при использовании внутренней документации, раскрывающей механизм формирования выручки и прибыли от продаж для отдельного бизнес-процесса. Вместе с тем именно конкретные бизнес-процессы в ассортиментной плоскости изучения и формируют в конечном счете финансовый результат деятельности коммерческой организации.

Чтобы выявить финансовую результативность каждого вида деятельности, каждой конкретной сделки, практикой финансового менеджмента предлагается удивительная по своей простоте проведения и точности результатов методика – операционный анализ.

Методика операционного анализа представлена в работах таких авторов, как Е.С. Стоянова, В.В. Ковалев, Е.Ф. Тихомиров, Т.Н. Сысо [1, 3, 5, 8] и легла в основу управленческого анализа в разделе CVP-анализа и системы Директ-костинг (Direct Costing) [9].

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Операционный анализ применяется в системе финансового менеджмента для поис-

ка рациональных управленческих решений в области ценообразования и как ее составляющей в области оптимального структурирования затрат [10]. Показатели операционного анализа легли в основу управленческого учета организации.

Весь комплекс показателей операционного анализа можно подразделить на аналитические, позволяющие выявить проблему, и проектные, позволяющие подобрать наиболее приемлемый вариант ведения бизнеса и построения бизнес-процессов по анализируемым направлениям деятельности. Операционный анализ базируется на принципе сопоставимости результатов по вариантам расчетов. Не имея нормативных критериев и «рекомендуемых» значений показателей, операционный анализ позволяет выявлять перспективные, неперспективные виды деятельности даже при достижении отрицательных финансовых результатов [11].

К перечисленным выше группам показателей операционного анализа относятся валовая прибыль (ВП, или сумма покрытия, валовая маржа), запас финансовой прочности (ЗФП), а также коэффициенты финансовой прочности ($K_{зфп}$), суммы покрытия ($K_{сп}$), и показатель «операционный рычаг» (ОР, сила воздействия операционного рычага, или операционный левверидж). Применение показателей для выбора наиболее рационального варианта для укрепления финансовой ситуации предприятия (по видам деятельности) представлено в таблице 1.

Вместе с тем в системе показателей операционного анализа можно выделить особые индикаторы, напрямую не относящиеся к аналитической группе, а моделирующие ситуацию по заданным параметрам. Это прежде всего такие показатели, как «точка безубыточности» (ТБ) и «порог рентабельности» (ПР).

Данные показатели позволяют определить «критические» точки по выручке и по объемам реализации для заданной (фактической или плановой) цены единицы реализации и заданного уровня затрат, формирующих себестоимость единицы реализации. Моделирование производится по вводу ограничения – прибыль от продаж равняется общим затратам на производство и реализацию продукции.

Основным условием применения операционного анализа служит возможность и целесообразность разделения затрат на переменную и постоянную части. При этом критерием разделения затрат выступает степень их зависимости от объема реализации продукции, работ и услуг (в конечных единицах).

Таблица 1
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОПЕРАЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ВЫБОРА
ЛУЧШЕГО ВАРИАНТА ПРИ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ФИНАНСОВЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ [10]

Table 1
USING OPERATIONAL ANALYSIS INDICATORS FOR SELECTION OF THE
BEST VARIANT WITH POSITIVE FINANCIAL RESULTS [10]

Показатель операционного анализа	Лучший вариант из анализируемых	Худший вариант из анализируемых
$З_{пер}$	max	min
$З_{пост}$	min	max
ВП	max	min
$K_{вп}$	max	min
ТБ	min	max
ПР	min	max
ЗФП	max	min
$K_{зфп}$	max	min
ОР	min	max

Операционный анализ в качестве центрального показателя выделяет величину постоянных затрат, каждый показатель операционного анализа так или иначе указывает на сопоставимость постоянных затрат с достигнутым или планируемым уровнем развития бизнеса.

При этом в финансовом менеджменте постоянные расходы рассматриваются как трудноуправляемые и определяющие уровень предпринимательского риска. Необходимо отметить, что выделение затрат только двух видов во многих случаях оказывается недостаточным для того, чтобы обосновать ценовую и ассортиментную политику, а именно определить наиболее выгодный ассортимент продукции, оптимальные цены, с максимальной эффективностью использовать производственные мощности. Неточность возникает из-за того, что с вводом в производство нового вида продукции или при увеличении объемов выпуска существующих изделий может потребоваться увеличение части постоянных затрат [12].

Традиционно к переменным относят те затраты, которые изменяются в зависимости от объема выпуска. Поэтому переменные затраты, как правило, не требуют дополнительного подразделения (детализации). Среди постоянных затрат могут возникнуть расходы, связанные с вводом дополнительного оборудования, привлечения управленческого персонала, увеличением площадей, требуемых для ввода в производство новых или увеличения выпуска существующих изделий и др. [13].

Таким образом часть постоянных затрат в отдельных ситуациях может изменяться. Это различие в их составе предполагает деление

на две ступени. К первой ступени следует отнести только ту часть постоянных затрат, которая изменяется при вводе или изменении объемов производства рассматриваемого изделия, а ко второй ступени – затраты, остающиеся неизменными при указанных изменяющихся условиях. Прямые и косвенные затраты могут быть включены как в первую, так и во вторую ступень детализации затрат в соответствии с указанными признаками.

В то же время при производстве материальной продукции затраты могут не совпадать с тем объемом, который будет отражать именно факт реализации, а следовательно, и процесс формирования финансовых результатов, прежде всего, выручки и прибыли от продаж.

Для транспорта же, где результатом деятельности выступает реализация услуги, разделение затрат на переменную и постоянную части представляется более корректным и более целесообразным.

Операционный рычаг определяет степень чувствительности прибыли к изменению объема производства в натуральных единицах. Более высокие значения операционного рычага характерны обычно для автотранспортных фирм, имеющих высокий уровень технической оснащенности. Уровень данного показателя находится в пределах релевантного диапазона до тех пор, пока на практике не произойдут резкие изменения в структуре материально-технической базы АТП и в системе управления.

Указывая на темп падения прибыли с каждым процентом снижения выручки, числовое значение операционного рычага (сила воздействия операционного рычага) свидетельствует

об уровне предпринимательского риска данного предприятия. Его действие основано на том, что наличие в составе операционных затрат всех видов постоянных затрат приводит к тому, что при изменении объема реализации продукции сумма операционной прибыли (прибыли от продаж услуги) изменяется всегда более высокими темпами.

При неопределенной рыночной позиции операционный рычаг показывает возможность потерь прибыли при непредвиденном падении объемов реализации. В этом случае показатель операционного рычага часто применяют для оценки предпринимательского риска: чем выше его числовое значение, тем выше риск. Для стандартной ситуации управление операционным рычагом (риском возможных потерь прибыли от снижения объемов реализации) может осуществляться путем воздействия как на постоянные, так и на переменные операционные затраты.

При управлении постоянными затратами на уровне организации прежде всего учитываются:

- отраслевая особенность, сфера деятельности, отношение к материальному производству и сфере услуг;
- дифференциация уровня механизации и автоматизации производства, уровень использования живого труда;
- возможность существенного сокращения накладных расходов при неблагоприятной конъюнктуре товарного рынка;
- возможность и целесообразность продажи части неиспользуемого оборудования и нематериальных активов;
- использование краткосрочных форм лизинга машин, оборудования.

При управлении переменными затратами основным ориентиром должно быть обеспечение их эффективного использования, внедре-

ние всех форм контроля и учета материальных затрат.

Преодоление предприятием точки безубыточности ведет к росту суммы маржинальной прибыли и позволяет быстрее наращивать прибыль за счет:

- снижения численности работников основного и вспомогательного производства за счет обеспечения роста производительности их труда;
- сокращения размеров запасов сырья, материалов, готовой продукции в периоды неблагоприятной конъюнктуры товарного рынка;
- обеспечения выгодных для предприятия условий поставки сырья и материалов

Вместе с тем операционный рычаг отражает и другую сторону ведения бизнеса, соответствующую концепции максимизации риска при максимизации доходности проекта. Более высокий операционный рычаг показывает скорость наращивания прибыли при возможном увеличении объемов реализации. Операционный анализ позволяет определить перспективные и убыточные виды деятельности, для этого используют показатели: сумму покрытия и коэффициент суммы покрытия, точку безубыточности, порог рентабельности и операционный рычаг.

Если для убыточной продукции коэффициент суммы покрытия значительно больше, чем средневзвешенный по предприятию в целом, а точка безубыточности не пройдена, то для данного вида продукции можно предлагать снижение цены для увеличения объемов реализации. В таблице 2 представлен набор показателей и тенденции их изменения при отрицательных значениях прибыли от продаж, финансовой прочности в случае несоответствия объема реализации допустимым критическим значениям, отраженным через порог рентабельности (ПР).

Таблица 2
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОПЕРАЦИОННОГО АНАЛИЗА
ДЛЯ ВЫБОРА ПЕРСПЕКТИВНОГО ВАРИАНТА
ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ФИНАНСОВЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ

Table 2
USING OPERATIONAL ANALYSIS INDICATORS
TO SELECT A PERSPECTIVE OPTION
WITH NEGATIVE FINANCIAL RESULTS

Показатель операционного анализа	Перспективный вариант из анализируемых	Неперспективный вариант из анализируемых
ВП	max	min
$K_{\text{вп}}$	max	min
ПР (в единицах реализации)	достижим	недостижим
ОР	max	min

Поведение такого показателя, как операционный рычаг позволяет спрогнозировать возможные темпы снижения убытка и наращивания положительного финансового результата. В этом случае, как видно из таблицы 2, для перспективного варианта выбирается то соотношение показателей выручки, переменных и постоянных затрат, которое приводит к увеличению операционного рычага, а следовательно, и позволяет быстрее достичь безубыточного уровня.

Конечно, критерием отбора такого варианта служит возможность наращивания объема реализации до заданного в прогнозах значения.

Операционный рычаг для анализа рассматривается через модуль полученного числового значения (т.е. не учитывается математический знак «минус»). В данном случае необходимо говорить об ограничении, вводимом в интерпретацию аналитических расчетов операционного рычага, который не должен быть меньше 1,0, так как взаимозависимость изменения объема реализации и финансового результата говорит только о нарастающих финансовых сложностях.

Самая тяжелая для бизнеса проблема рассматривается при значении операционного рычага менее единицы. В этом случае валовая прибыль (ВП) по своему значению меньше суммы убытков, определяемых через разницу выручки и переменных затрат. Это характерно

для автотранспортных предприятий, оказывающих услуги по внутриобластным перевозкам пассажиров по регулируемым тарифам [14, 15].

РЕЗУЛЬТАТ

В качестве примера представим результаты расчета показателей ФСП и операционного анализа по данным такой организации. Предприятие имеет разветвленную многоуровневую организационную структуру управления. Функциональными подразделениями являются: центр по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей, координационный центр, центральный аппарат управления. В состав координационного центра входят 6 автовокзалов и 29 автостанций. Автопарк компании включает более 340 автобусов различных модификаций, общая численность сотрудников составляет более 3 000 человек. Основные средства составляют почти 70% от общей стоимости имущества и имеют тенденцию к росту на конец исследуемого периода, а доля оборотных активов в структуре имущественной базы снижается и составляет не более 30%.

Стандартный анализ финансового состояния организации показывает устойчивый дефицит собственных оборотных средств, высокую степень текущей неплатежеспособности и потерю финансовой независимости (см. таблицу 3).

Таблица 3
ПОКАЗАТЕЛИ АНАЛИЗА ФСП (БЕЗ УЧЕТА ДОТАЦИЙ)
Table 3

INDICATORS OF FSP ANALYSIS (WITHOUT DOTATIONS' ACCOUNTING)

Показатель	Норматив	Начало периода	Конец периода
Коэффициент абсолютной ликвидности	0,1 – 0,5	0,051	0,027
Коэффициент быстрой ликвидности	0,6 – 0,8	0,203	0,222
Коэффициент текущей ликвидности	Более 1,0	0,407	0,337
Доля оборотных средств в активах	Более 0,5	0,158	0,197
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными активами	Более 0,1	-1,882	-2,083
Коэффициент капитализации	Не выше 1,5	0,830	1,538
Коэффициент финансовой независимости (автономии)	Более 0,5	0,545	0,394
Коэффициент финансовой устойчивости	Более 0,6	0,605	0,403

Однако анализ коэффициентов не отражает тех проблем, которые формируются в сфере основной операционной деятельности.

Обращает на себя внимание соотношение постоянных и переменных затрат организации, распределенных по методу наименьших квадратов в зависимости от единицы реализации – один пассажиро-километр (см. рисунок 1).

В стоимость автотранспортной услуги в этом случае включаются не только затраты на эксплуатацию подвижного состава, но и стоимость содержания и обслуживания автовокзалов, автостанций, пунктов по продаже билетов,

остановочных пунктов и т.п. Такая ситуация не позволяет рассматривать возможности увеличения объемов реализации услуги и частичного решения вопросов по снижению затрат (переменных и постоянных). В этом случае требуется решения вопроса по реструктуризации имущественной базы или постепенного перехода на новые (дополнительные, или сопутствующие) виды деятельности.

Как доказательство таких выводов, предлагаем результаты расчета стандартных показателей операционного анализа, представленных в таблице 3.

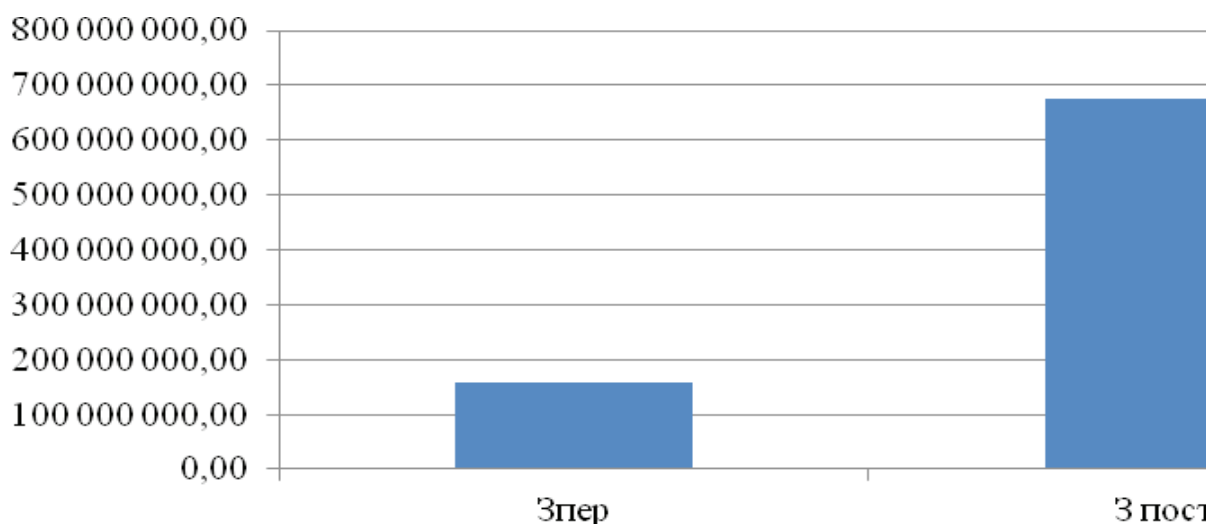


Рисунок 1 – Соотношение постоянных и переменных затрат
Figure 1 – Relations between fixed and variable costs

Таблица 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ И ОПЕРАЦИОННЫХ РИСКОВ
Table 4
MAIN INDICATORS' DEFINITION OF
THE ENTERPRISE OPERATING ACTIVITY AND OF THE OPERATIONAL RISKS

Показатель	Фактическое значение	Рекомендуемое значение
Переменные затраты, млн руб.	158,800	158,800
Постоянные затраты, млн руб.	676,427	576,420
Выручка от перевозки пассажиров, млн руб.	482,515	482, 515
Валовая маржа, млн руб.	323,714	323,715
Прибыль от реализации, млн руб.	-352,712	-252,705
Операционный рычаг	0,92	1,28

Операционный рычаг в модуле числа менее единицы ($OP < 1,0$) отражает ситуацию невозможности наращивания положительных финансовых результатов, так как на 1% увеличения выручки от реализации услуг приходится только 0,92 % снижения уровня убытков. То есть для успешного управления финансовыми результатами для предприятия целесообразно прежде всего определить минимально возможную величину сокращения постоянных расходов (без учета роста стоимости услуг). Для этого критерием отбора вариантов следует считать ограничение по минимально возможному значению операционного рычага, которое, по нашему мнению, должно быть обязательно более 1,0 ($OP \gg 1,0$).

Рекомендуемые значения снижения постоянных затрат организации колеблются от 50 до 100 млн руб. в год, что не может быть достигнуто путем обычной экономии ресурсов или изменением структуры управления (сокращением численности персонала). Это даст возможность активизировать основную деятельность и нормализовать финансовое состояние объекта исследования. Необходимо рассмотреть возможности реструктуризации имущественной базы с использованием механизма аутсорсинга [16]. Отметим также, что операционный анализ только дополняет и расширяет возможности экономического анализа, широко представленные в отечественной и зарубежной литературе [17, 18, 19, 20, 21].

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, операционный анализ выступает одним из элементов комплексного экономического анализа и позволяет определить проблемы, связанные с управлением имущественной базой, затратным механизмом и ассортиментной политикой организации и системой ценообразования. Для убыточных организаций критерием отбора вариантов следует считать ограничение по минимально возможному значению операционного рычага, которое должно быть обязательно многим более 1,0 ($OP \gg 1,0$). Его применение позволяет моделировать бизнес-процессы с учетом рационального управления финансовыми результатами субъекта хозяйствования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стоянова Е.С. Финансовый менеджмент: теория и практика: учебник, 6-е изд. М.: Перспектива, 2011. 656 с.
2. Бланк И.А. Финансовый менеджмент: учеб. курс. 2-е изд., перераб. и доп. К.: Эльга, Ника-Центр, 2007. 521 с.
3. Ковалев В.В. Финансовый менеджмент: теория и практика. 4-е изд., перераб. [Электронный ресурс]. – Ре-

жим доступа: https://elibrary.ru/query_results=2свободный. – Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу: 6.10.2017).

4. Тихомиров Е.Ф. Финансовый менеджмент: Управление финансами предприятия: учебник. -3-е изд., испр. и доп. М.: Изд. центр «Академия», 2010. 384 с.

5. Матанцева О.Ю. Модель формирования структуры баланса, обеспечивающей экономически устойчивую деятельность автотранспортной организации / О.Ю. Матанцева, А.К. Аредова А.К. // Автотранспортное предприятие, № 6. 2016. С.34 – 36.

6. Шим Джей К., Сигел Джозел Г. Финансовый менеджмент. Перевод с англ. М.: Филинь, 1996. 400 с. (Экономика для практиков).

7. Приказ ФСФО России от 23.01.2001 № 16 «Об утверждении методических указаний по проведению анализа финансового состояния организаций»

8. Сысо Т.Н. Финансовый менеджмент: учеб. пособие в схемах и таблицах. Омск: Изд-во Ом.гос.ун-та, 2012. 224 с.

9. Garrison, Ray Managerial Accounting / Ray Garrison/ McGraw-Hill 01.08.2007

10. Эйхлер Л.В. Использование элементов финансового менеджмента при разработке тарифной политики автотранспортной организации // Наука XXI века: опыт прошлого – взгляд в будущее: Материалы Международной научно-практической конференции. Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ). 2015. С. 380 – 384.

11. Булышева А.Ю., Ковалев В.И. Пять основных инструментов операционного анализа // Потенциал российской экономики и инновационные пути его реализации материалы международной научно-практической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях. Омский филиал Финансового университета при Правительстве РФ. 2015. С. 354 – 359

12. Миллер А.Е. Теоретическое обоснование соотношения традиционного и предпринимательского управления затратами // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии № 3, 2015. С. 148 – 153.

13. Самков В.Г., Куцемако Н.Н. Поиск резерва прибыльности // Грузовое и пассажирское автохозяйство. 2005. № 12. С. 15 – 17.

14. Эйхлер Л.В. Управление затратами АТП с применением операционного анализа // Экономика и управление предприятиями: Сборник научных трудов кафедры. Федеральное агентство по образованию. Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ). Омск. 2008. С. 229 – 235.

15. Эйхлер Л.В., Левицкий А. Финансово-экономические особенности развития регионального рынка транспортных услуг по перевозке пассажиров // Академическая наука – проблемы и достижения VIII: материалы VIII Международной научно-практической конференции. 2016. С. 171 – 173.

16. Карпов В.В., Охотников А.В. Повышение рентабельности организации за счет выделения непрофильных активов // Двадцать первые апрельские экономические чтения: материалы Международной научно-практической конференции. Омский филиал Финансового университета при Правительстве РФ. 2015. С. 129 – 132.

17. Эйхлер Л.В., Стринковская А.С. Диагностический анализ результатов деятельности грузовых автотранспортных предприятий в условиях интеграционных взаимодействий // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2013. № 1 (29). С. 130 – 134.

18. Малышенко К.А., Малышенко В.А., Новик Л.В. Системно-стратегический экспресс-анализ // Материалы VI международной научной конференции «Экономика, управление, финансы» (Краснодар, февраль 2016 г.). Краснодар: Новация, 2016. С. 65 – 68.

19. Kaplan R.S., Norton D.P. Using the Balanced Scorecard as a Strategy Management System. Harvard Business Review, 2007, July-August Issue

20. Григорян М.Г., Кононова Г.А. Выбор методов сбалансированного управления транспортной организацией // Транспортное дело России. 2015. № 6. С. 119 – 122.

21. Растова Ю.И., Шматко А.Д. Параметрическая модель рентабельности продаж // Государство и бизнес. Современные проблемы экономики : Материалы VII

Международной научно-практической конференции. Северо-Западный институт управления РАНХиГС при Президенте РФ. Факультет экономики и финансов. 2015. С. 147 – 149.

22. Хаирова С.М. Влияние финансовых инноваций на урегулирование интересов в конфликтных ситуациях сферы транспорта // Двадцать третьи апрельские экономические чтения : Материалы международной научно-практической конференции. 2017. С. 63 – 68.

USAGE OF THE OPERATIONAL ANALYSIS IN FINANCIALS' MANAGEMENT OF THE CARRIER

L.V. Eihler

ABSTRACT

Introduction. First of all, the professional management of the financial and economic activities of the organization assumes the usage of analytical tools that makes it possible to come up with a comprehensive approach to the problem of determining the problems of the economic entity's functioning. However, the standard analysis of the organization's financial situation does not cover the whole range of issues needed to identify problem areas for revenue generation, gross profit and sales profit for each assortment of products sold (services). At the same time, there are the specific business processes in the assortment plane of study that ultimately form the financials of the commercial organization.

Materials and methods. The operational analysis as the part of the organization's financial analysis allows not only to identify the problem but also to model the most acceptable variant of doing business and building business processes which analyze the organization activities.

Results. Therefore, the analysis based on the operational analysis' standard indicators, such as the operating leverage, the gross profit ratio, allows to identify promising and unpromising activities even when negative financial results are achieved, it also provides the opportunity to assess the property base structure and the property restructuring necessity.

Conclusion. For unprofitable activities, it is proposed to use the restrictions on the numerical value of the operating leverage that assesses the ratio of the financials' changing, depending on the set volumes' changing of the service sales.

KEYWORDS: financial management, operational analysis, fixed and variable costs, the threshold of profitability, operating leverage, promising activities, property restructuring.

REFERENCES

1. Stoyanova E.S. Finansovyy menedzhment: teoriya i praktika: uchebnik. [Financial management: theory and practice: a textbook]. Moscow, Prospect, 2011. 656 p.

2. Blank I.A. Finansovyy menedzhment. [Financial management]. Textbook. course Nika-Center, 2007. 521 p.

3. Kovalev V.I. Finansovyy menedzhment: teoriya i praktika [Financial management: theory and practice]. Mode of access: https://elibrary.ru/query_results The title. from the screen (reference date for the resource: 6.10.2017).

4. Tikhomirov E.F. Finansovyy menedzhment: Upravleniye finansami predpriyatiya: uchebnik [Financial management The financial management of an enterprise: textbook]. Moscow, Izd. center "Akademiya", 2010. 384 p.

5. Matantseva O.Y. Model' formirovaniya struktury balansa, obespechivayushchey ekonomicheski ustoychivuyu deyatel'nost' avtotransportnoy organizatsii [Model of formation of structure of the balance sheet, providing an economically sustainable activity of the transport operator]. Avtotransportnoye predpriyatiye, no. 6, 2016. pp. 34 – 36.

6. Shim J.K., Siegel Joel G. Finansovyy menedzhment [Financial management]. Moscow, Filin, 1996. 400 p.

7. Prikaz FSFO Rossii ot 23.01.2001 no. 16 «Ob utverzhdenii metodicheskikh ukazaniy po provedeniyu analiza

finansovogo sostoyaniya organizatsiy» [The order of FSFR of Russia from 23.01.2001 № 16 «On approval of guidelines for conducting financial analysis of organizations»].

8. Syso T.N. Finansovyy menedzhment. Uchebnoye posobiye v skhemakh i tablitsakh [Financial management. The manual in the schemes and tables]. Omsk, Publishing house omsu, 2012. 224 p.

9. Garrison, Ray Managerial Accounting. Ray Garrison. McGraw-Hill 01.08.2007.

10. Eihler L.V. Ispol'zovaniye elementov finansovogo menedzhmenta pri razrabotke tarifnoy politiki avtotransportnoy organizatsii [The use of the elements of financial management in the development of the tariff policy of the transport operator]. Science of the XXI century: past experience – look into the future materials of the International scientific-practical conference. Siberian state automobile and highway Academy (SibADI). 2015. pp. 380 – 384.

11. Bulycheva A.Yu., Kovalev V.I. Pyat' osnovnykh instrumentov operatsionnogo analiza [Five essential tools of operational analysis]. The potential of the Russian economy and innovative ways of its realization, international scientific and practical conference of students and graduate students, in 2 parts. Omsk branch of Financial University under the Government of the Russian Federation. 2015. pp. 354 – 359.

12. Miller A.E. Teoreticheskoye obosnovaniye

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМОЙ В РЕДАКЦИЮ ЖУРНАЛА

Для публикации принимаются рукописи по направлениям: Транспорт. Транспортные и технологические машины; Строительство. Строительные материалы и изделия; Математическое моделирование. Системы автоматизации проектирования; Экономика и управление. Редакция принимает к рассмотрению **оригинальные научные статьи** объемом 8–10 стр. машинописного текста через 1 интервал, 5–8 рисунков и (или) таблиц, 20–40 ссылок; **обзорные статьи** – (критиче-ское обобщение какой-то исследовательской темы) – от 10 и более страниц, от 5 и более рисунков, до 80 ссылок.

Статья должна быть неопубликованной ранее в других 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. В случае обнаружения одновременной подачи рукописи в несколько изданий статья будет **ретрагирована** (отозвана из печати).

Следует уделить особенное внимание качеству перевода. Недопустимо при переводе пользоваться машинами-переводчиками. Перевод должен быть выполнен профессиональными переводчиками, а лучше – носителем английского языка. Необходимо учесть, что законодательство охраняет права переводчиков авторским правом наравне с правами авторов оригинальных произведений. Перевод текста – творческий процесс, производный объект авторского права, т.е. переводчик – соавтор нового произведения.

1 УДК. На первой странице, слева в верхнем углу без отступа, указываются индекс по универсальной десятичной классификации (УДК) (размер шрифта 10 пт).

2. Заглавие статьи. Заголовок (максимально 10–12 слов) должен быть информативным, лаконичным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему (предмет) исследования и содержание работы. Приводится на русском и английском языках, по центру полужирным шрифтом размером 12 пт. прописными буквами.

3. Фамилии авторов. Количество авторов не должно превышать четырех. Для англоязычных метаданных важно соблюдать вариант написания сведений об авторе в последовательности: полное имя, инициал отчества, фамилия (Anna V. Ivanova). При латинизации фамилии можно воспользоваться системой 1 BSI – Британский Институт Стандартов (British Standards Institution) транслитерации на сайте <http://translit.ru>, при этом необходимо выбрать вариант стандарта, например, BSI. Перечень авторов располагается после заголовка статьи обычным шрифтом (размер шрифта 12 пт.).

4. Аннотация. Аннотация включает характеристику основной темы, проблемы объекта, цели исследования, основные методы, результаты исследования и главные выводы. В аннотации необходимо указать, что нового несет в себе научная статья в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению, объем от 150 до 250 слов. Структура аннотации представлена на сайте журнала vestnik.sibadi.org.

Приводится 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).

5. Ключевые слова служат ориентиром для читателя и используются для поиска статей в электронных базах, поэтому должны отражать дисциплину (область науки, в рамках которой написана статья), тему, цель и объект исследования.

Рекомендуемое количество ключевых слов – 10–12, количество слов внутри ключевой фразы – не более трех.

Размещаются после аннотации, на русском и английском языках.

6. Благодарности. Раздел включен в требования всеми крупными издательствами. В этом разделе следует упомянуть людей, помогавших автору подготовить настоящую статью, организации, оказавшие финансовую поддержку. Хорошим тоном считается выражение благодарности анонимным рецензентам.

7. Основные положения. Отражают ключевые результаты исследования, основное содержание статьи, изложенные тезисно и оформленные в виде 3–5 пунктов маркированного списка.

8. Основной текст статьи излагается на русском или английском языках, в электронном и бумажном виде (шрифт «Arial» (10 пт), отступ первой строки 0,6 см, межстрочный интервал одинарный), в следующей последовательности:

Введение (1–4 стр.) В этом разделе описываются общая тема исследования, цели и задачи планируемой работы, теоретическая и практическая значимость, приводятся наиболее известные и авторитетные публикации по изучаемой теме, обозначаются нерешенные проблемы. Данный раздел должен содержать обоснование необходимости и актуальности исследования. Информация во Введении должна быть организована по принципу «от общего к частному».

Подразделы введения представлены на сайте журнала vestnik.sibadi.org.

Методы и материалы (от 2 стр. и более) В этом разделе в деталях описываются методы, которые использовались для получения результатов. Обычно сначала дается общая схема экспериментов/исследования, затем они представляются настолько подробно и с таким количеством деталей, чтобы любой компетентный специалист мог воспроизвести их, пользуясь лишь текстом статьи. Более подробно содержание раздела представлено на сайте журнала vestnik.sibadi.org.

Результаты. В этом разделе представлены экспериментальные или теоретические данные, полученные в ходе исследования. Результаты даются в обработанном варианте: в виде таблиц, графиков, организационных или структурных диаграмм, уравнений, фотографий, рисунков. В этом разделе приводятся только факты. Если было получено много похожих зависимостей, представляемых в виде графиков, то приведите только один типичный график, а данные об имеющихся количественных отличиях между ними, представьте в таблице.

Способы представления результатов представлена на сайте журнала vestnik.sibadi.org.

Обсуждение и заключение. Раздел содержит интерпретацию полученных результатов исследования, предположения о полученных фактах, сравнение полученных собственных результатов с результатами других авторов. Более подробно содержание раздела представлено на сайте журнала vestnik.sibadi.org.

9. Библиографический список (References)

В библиографический список включаются только те источники, которые автор использовал при подготовке статьи. Оформление библиографического списка регламентируется ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Ссылаться нужно в первую очередь на оригинальные источники из научных журналов, включенных в глобальные индексы цитирования. Желательно использовать 20–40 источников, но не более 50. Из них за последние 3 года – рекомендуется указать не менее 20, иностранных – не менее 15. Важно правильно оформить ссылку на источник.

Следует указать фамилии авторов, журнал (электронный адрес), год издания, том (выпуск), номер, страницы, DOI или адрес доступа в сети Интернет.

Источники указываются в конце статьи в алфавитном порядке либо в порядке упоминания в тексте статьи. Приводится на русском языке и в латинице по образцу, представленному на сайте журнала.

Аффилиация. Фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, ORCID i, Scopus Author ID, ResearcherID, далее указать все места работы, должность, название организации, служебный адрес, электронная почта, телефон, e-mail. Приводится на русском и английском языках.

Технические требования к оформлению.

Формат A4, шрифт Arial (10 пт), отступ первой строки 0,6 см, межстрочный интервал одинарный.

Поля: верхнее – 3,5 см, остальные – по 2,5.

Все сокращения при первом употреблении должны быть полностью расшифрованы, за исключением общепринятых терминов и математических величин.

Формулы необходимо набирать в редакторе формул Microsoft Equation. Перенос формул допускаются на знаках «плюс» и «минус», реже – на знаке «умножение». Эти знаки повторяются в начале и в конце переноса. Формулы следует нумеровать (нумерация сквозная по всей работе арабскими цифрами). Номер формулы заключают в круглые скобки у правого края страницы.

Рисунки, схемы и графики предоставляются в электронном виде включенными в текст, в стандартных графических форматах с обязательной подписочной подписью, и отдельными файлами с расширением (JPEG, GIF, BMP). Должны быть пронумерованы (Таблица 1 – Заголовок, Рисунок 1 – Наименование), озаглавлены (таблицы должны иметь заглавие, выравнивание по левому краю, а иллюстрации – подписочные подписи, выравнивание по центру). В основном тексте должны содержаться 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. Отсканированные версии рисунков, схем, таблиц и формул не допускаются.

Таблицы предоставляются в редакторе Word.

Все названия, подписи и структурные элементы графиков, таблиц, схем и т. д. оформляются на русском и английском языках.

Общий порядок опубликования

Рукописи статей, подготовленные в соответствии с правилами оформления научно-исследовательской публикации и принятыми редакцией журнала международными стандартами, в электронном (через официальный сайт журнала) и бумажном виде предоставляются в редакцию журнала в комплекте:

- с экспертным заключением о возможности опубликования в открытой печати;
- лицензионным договором между ФГБОУ ВО «СибАДИ» и авторами.

При регистрации присваивается дата поступления и регистрационный номер статьи. Статьи регистрируются через электронную редакцию. Регистрация осуществляется бесплатно.

Первичная экспертиза на соответствие требованиям и профилю журнала (модерация). Зарегистрированные рукописи статей проходят первичную экспертизу на соответствие требованиям и профилю журнала. Началом для экспертизы рукописи статьи редакцией является дата регистрации статьи. Редакция журнала оставляет за собой право отбора присылаемых материалов. Только прошедшие первичную экспертизу рукописи статей, полностью соответствующие требованиям редакции журнала, соответствующие профилю журнала, получают статус «Принята к рассмотрению». Для них отдельно регистрируется дата приема рукописи статьи к рассмотрению.

Рецензирование. Принятые к рассмотрению рукописи статей направляются на слепое рецензирование для оценки их научного содержания нескольким специалистам соответствующего профиля, членам редакционной коллегии и/или редакционного совета. Экспертиза и рецензирование осуществляются бесплатно.

Решение о принятии к публикации основывается на поступивших рекомендациях рецензентов журнала. Если принято решение «рекомендовать с учетом исправления отмеченных недостатков», то автору направляются рекомендации и вопросы для исправления. Рукопись статьи, скорректированная автором, повторно направляется на рецензирование. Рукописи статей, не рекомендованные к публикации, повторно не рассматриваются. Автору рукописи направляется мотивированный отказ в публикации.

Редакционная подготовка. Рукописи статей, принятые к публикации, проходят редакционную подготовку к публикации – литературное редактирование и сверку данных, корректуру, форматирование, макетирование. Общий срок редакционной подготовки статьи, успешно прошедшей рецензирование, составляет 2 месяца в соответствии с периодичностью и графиком публикации выпусков. Корректур статей авторам не высылаются, тем не менее вопросы, возникающие в процессе редактирования высылаются авторам для согласования.

Окончательный вариант макета статьи высылается по электронной почте автору на утверждение. На рассмотрение отводится три дня, по истечении которых в случае неполучения ответа от автора, макет автоматически считается автором одобренным и в представленном виде направляется в печать.

Публикация. Подготовленный к публикации макет тиражируется в типографии СибАДИ и размещается на сайте журнала в открытом бесплатном доступе. Публикация всех статей одного выпуска осуществляется единой датой.

Метаданные опубликованных статей выпуска регистрируются в РИНЦ, размещаются в библиографических сервисах и базах данных в сроки, установленные соответствующими договорами, распространяются по подписке.

Контактная информация:

e-mail: vestnik_sibadi@sibadi.org;

Почтовый адрес редакции: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5. ФГБОУ ВО «СибАДИ»

Издательско-полиграфический комплекс: 644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая, д 1

Тел. (3812) 65-88-30.

Редактор–ответственный секретарь – Куприна Татьяна Васильевна

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>