

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный
университет (СибАДИ)»

ВЕСТНИК СИБАДИ

**THE RUSSIAN AUTOMOBILE
AND HIGHWAY INDUSTRY JOURNAL**

**Том 15, № 5. 2018. Сквозной номер выпуска – 63
(Vol. 15, no. 5. 2018. Continuous issue – 63)**

Омск – 2018

Главный редактор Жигadlo 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 Pedagogical Sciences, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of Academy of Military Science, Rector of the 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-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 Technical Sciences, Professor of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Korytov N.S., Doctor of Science, Professor of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

Transport

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

Construction and architecture

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

Informatics, Computer Science and Management

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

Economics

Mochalin S.M., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Khairova S.M., Doctor of Economics, Professor of the 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
Щербаков 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
Макеев С.А., д-р техн. проф. наук ФГБОУ ВО «СибАДИ» 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
Перебуд Я.А. д-р экон. наук, проф. Высшая школа экономики в Варшаве (SGH), г. Варшава, Польша
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 Technical Sciences, Professor of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Shcherbakov V.S., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Václav Skala, Professor of University of West Bohemia, Plzen, Czech Republic
Vinnikov Yu. L., Doctor of Technical Sciences, Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk, Poltava, Ukraine
Gorynin G. L., Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor of the "SurGUKMAO-Yugra", Surgut, Russia
Zhusupbekov A.Zh., Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, ENU named after L.N. Gumilev, Astana, Kazakhstan
Karpov V.V., Doctor of Economics, 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
Makeev S.A., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Nemirovsky Yu.V., Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor of the Federal State Budgetary Institution of Science "The Institute of Theoretical and Applied Mechanics named after S.A. Khristianovich" of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia
Peregood Ya.A. Doctor of Economics, Professor, Higher School of Economics in Warsaw, Warsaw, Poland
Podshivalov V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Belarusian National Technical University, Minsk, the Republic of Belarus
Khmara L.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Pridneprovskaya State Academy of Construction and Architecture, Dnepropetrovsk, Ukraine
Edwin Koźniewski, Doctor of Technical Sciences, Professor, Białystok, Poland
Bobrova T.V., Doctor of Technical Sciences, Professor of the 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
Кортаев 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
Зырянов В. В. д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Организация перевозок и дорожного движения» Донского государственного технического университета, г. Ростов-на-Дону.
Трофименко Ю.В. д-р техн. наук, проф., Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) г. Москва, Россия
Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф., Директор Политехнического института имени Н.Н. Поликарпова ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева» г. Орел, Россия

Leonovich S.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus
Gumarov G.S., Doctor of Technical Sciences, Professor, Member-cor. of the Russian Academy of Natural History, Eurasian National University named after L.N. Gumilev, Astana, Republic of Kazakhstan
Sharshembiev Zh.S., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Scriabin, Bishkek, Kyrgyz Republic
Yakunin N.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Orenburg State University, Orenburg, Russia
Efimenko V.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, Russia
Yakunina N.V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Orenburg State University, Orenburg, Russia
Kurshakova N.B., Doctor of Economics, Professor, OmGUPS (OmiIT), Omsk, Russia
Korneev S.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Omsk State Technical University, Omsk, Russia
Miller A.E., Doctor of Economics, Professor, Omsk State University named after F.M. Dostoevsky, Omsk, Russia
Romanenko E.V., Candidate of Economics, Associate Professor, the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Khomchenko V.G., Doctor of Technical Sciences, Professor, Omsk State Technical University, Omsk, Russia
Borovik V.S., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd Science and Technology Center, Volgograd, Russia
Kortaev D.N., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Lesovik V.S., Doctor of Technical Sciences, Professor, Member-cor. of RAASN, BSTU named after Shukhov, Belgorod, Russia
Saveliev S.V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Koryagin M.E., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Siberian State Transport University, Novosibirsk, Russia
Rassokha V.I., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Orenburg State University, Orenburg, Russia
Kondratenko A.S., Candidate of Technical Sciences, Siberian State University of Railway Transport (SGUPS), IGD SB RAS, Novosibirsk, Russia
Matkerimov T.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, KSTU named after I. Razzakova, Bishkek, Kyrgyz Republic
Kurganov V.M., Doctor of Technical Sciences, Professor, Tver State University, Tver, Russia
Matveev S.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia
Zyryanov Vladimir V. Doctor of Technical Sciences, Professor, Don State Technical University, Rostov-na-Donu
Troimenko Yu. V. Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI) Moscow, Russia
Novikov A. N. Doctor of Technical Sciences, Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

Адрес издателя: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5. Тел. +7 (3812) 68-88-30; 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 № ФС 77-73591 от 31.08. 2018. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Научный рецензируемый журнал Вестник СибАДИ / The Russian Automobile and Highway Industry Journal 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 цифровые идентификаторы 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 19.10.2018. Дата выхода в свет 29.10.2018. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Arial. Печать оперативная. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 27,25 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

Д.С. Алешков

**ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ И КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПИТАТЕЛЯ И
МЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ФРЕЗЕРНО-РОТОРНОГО СНЕГООЧИСТИТЕЛЯ 638**

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

А.А. Козлов

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПУСКА ДИЗЕЛЯ..... 650

М.Е. Корягин, Е.Г. Тимофеева

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ ГОРОДСКИХ ДОРОГ
В УСЛОВИЯХ ВЫБОРА Пассажирами СПОСОБА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ..... 660**

В.М. Курганов, В.Н. Мукаев, М.В. Грязнов

**ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ НА АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 672**

Е.В. Парсаев, П.Н. Малюгин, И.А. Тетерина

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ
ДЛЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ..... 686**

Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
РОССИЙСКИХ ГОРОДОВ 698**

Э.С. Темнов

**АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ПОДХОДОВ В СОВРЕМЕННОЙ ПРАКТИКЕ ТРАНСПОРТНОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ 708**

Ч.Д. Шавыраа

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЙ ПАССАЖИРОПОТОКОВ
В ГОРОДЕ КЫЗЫЛЕ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА..... 718**

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

А.Ф. Андрюшенков, Н.С. Воловник, А.А. Андрюшенков

**ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ УНИКАЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ
В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ..... 726**

И.С. Пуляев, С.М. Пуляев

**УЧЁТ СОБСТВЕННОГО ТЕРМОНАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТВЕРДЕЮЩЕГО БЕТОНА
ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТРЕБУЕМЫХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИЙ
КРЫМСКОГО МОСТА 742**

В.А. Уткин, П.Н.Кобзев, Е.Г. Шатунова

РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БАЛОЧНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ НА ОСНОВЕ СОСТАВНЫХ ПРОГОНОВ ИЗ БРЕВЕН	760
--	------------

Е.В. Фомина, В.С. Лесовик, И.В. Лашина

ГАЗОБЕТОН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	774
--	------------

РАЗДЕЛ IV. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

В.В. Карпов, К.В. Петренко

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КАК СОСТАВНОЙ ЭЛЕМЕНТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА	788
---	------------

Е.Ю. Легчилина

ОРГАНИЗАЦИОННО-ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ТРУДОВЫХ ОТНОШЕНИЙ КРУПНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ	800
--	------------

М.А. Миллер

ОБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РЕГИОНОВ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА В КОНТЕКСТЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	812
---	------------

PART I. TRANSPORT, MINING AND MECHANICAL ENGINEERING

D.S. Aleshkov

GEOMETRIC AND KINEMATIC CHARACTERISTICS OF FEEDER AND THROWER OF MILLING AND ROTARY SNOWBLOWER.....	639
--	------------

PART II. TRANSPORT

A.A. Kozlov

INCREASING EFFICIENCY OF THE DIESEL ENGINE STARTING	651
--	------------

M.E. Koryagin, E.G. Timofeeva

CAPACITY PLANNING OF URBAN ROADS IN CONDITION OF PASSENGERS' TRAVEL MODE CHOICE	661
--	------------

V.M. Kurganov, V.N. Mukayev, M.V. Gryaznov

OPTIMIZATION OF AUTOMOBILE TRANSPORTATION COSTS IN INDUSTRIAL ENTERPRISE	673
---	------------

E.V. Parsaev, P.N. Malyugin, I.A. Teterina

METHODOLOGY FOR THE CALCULATION OF EMISSIONS FOR NON-STATIONARY TRANSPORT FLOW.....	687
--	------------

E.A. Safronov, K.E. Safronov

IMPROVEMENT OF THE RUSSIAN CITIES' TRANSPORT INFRASTRUCTURE	699
--	------------

CONTENTS

E.S. Temnov

ANALYSIS OF SOME APPROACHES IN CURRENT PRACTICE OF TRANSPORT MODELLING	709
---	------------

Ch.D. Shavyraa

RESULTS OF PASSENGER RESOURCES EXAMINATIONS IN KYZYL CITY OF THE TYVA REPUBLIC	719
---	------------

PART III. CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

A.F. Andryushenkov, N.S. Volovnik, A. A. Andryushenkov

TECHNOLOGY OF UNIQUE BUILDINGS' CONSTRUCTION IN THE CONSTRAINED CONDITIONS OF OPERATING ENTERPRISE.....	727
--	------------

I.S. Pulyaev, S.M. Pulyaev

ACCOUNTING OF THE OWN THERMO-STRESSED STATE OF THE SOLID CONCRETE WHILE PROVIDING THE REQUIRED CONSUMER PROPERTIES OF THE CRIMEAN BRIDGE CONSTRUCTIONS	743
---	------------

V.A. Utkin, P.N. Kobzev, E.G. Shatunova

DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF BEAM STRUCTURES ON THE BASIS OF COMPOSITE LOGS' GIRDERS	761
---	------------

E.V. Fomina, V.S. Lesovik, I.V. Lashina

GAS CONCRETE FOR CONSTRUCTION OBJECTS OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE.....	775
---	------------

PART IV. ECONOMICS

V.V. Karpov, K.V. Petrenko

DEMOGRAPHIC POTENTIAL AS A COMPONENT ELEMENT OF ECONOMIC SECURITY IN THE REGION	789
--	------------

E.Yu. Legchilina

ORGANIZATIONAL AND INSTITUTIONAL ASPECTS AND PRINCIPLES OF THE SOCIAL AND LABOR RELATIONS' CONSTRUCTION IN LARGE ECONOMIC SYSTEMS UNDER TRANSFORMATION CONDITIONS	801
--	------------

M.A. Miller

MANUFACTURING OF THE SIBERIAN FEDERAL DISTRICT REGIONS IN THE CONTEXT OF ECONOMIC SAFETY	813
---	------------

**РАЗДЕЛ I.
ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ
И СТРОИТЕЛЬНОЕ
МАШИНОСТРОЕНИЕ**

УДК 625.76

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ И КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПИТАТЕЛЯ И МЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ФРЕЗЕРНО- РОТОРНОГО СНЕГООЧИСТИТЕЛЯ

Д.С. Алешков
ФГБОУ ВО «СибАДИ»,
г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Вопросы содержания территорий дорожной сети в зимних условиях непосредственно связаны со своевременной и качественной очисткой дорог и территорий от снега. Проектирование и создание эффективных фрезерно-роторных снегоочистителей, работа которых включает в себя несколько технологических операций по уборке снега, заключается в том числе и в правильном выборе геометрических и кинематических параметров их основных элементов. На этапе проектирования необходима методика, позволяющая осуществлять выбор основных технологических параметров таких машин, что в дальнейшем позволит производить направленную их оптимизацию. Целью данной статьи является представление зависимостей основных технологических параметров фрезерно-роторного снегоочистителя и последовательности их выбора.

Материалы и методы. В статье дан вывод и получены аналитические уравнения, связывающие геометрические и кинематические характеристики питателя, метательного аппарата фрезерно-роторного снегоочистителя из условия обеспечения одинаковой производительности каждой из указанных подсистем. Также представлен анализ полученных уравнений и уже ранее известных соотношений по выбору параметров фрезерно-роторного снегоочистителя, и выявлены закономерности влияния основных геометрических и кинематических параметров друг на друга.

Результаты. Произведена сравнительная оценка вновь предлагаемых и существующих соотношений. Установлен характер зависимости угловой скорости вращения ротора метательного аппарата от поступательной скорости фрезерно-роторного снегоочистителя и ширины лопасти ротора. На основе полученных зависимостей предложен алгоритм выбора основных технологических параметров фрезерно-роторного снегоочистителя исходя из условия минимизации задания начальных параметров, которые априори считаются неизвестными.

Обсуждение и заключение. Представленные зависимости позволяют эффективно проводить эскизное проектирование новых конструкций фрезерно-роторных снегоочистителей, а также осуществлять оптимизацию существующих моделей фрезерно-роторных снегоочистителей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фрезерно-роторный снегоочиститель, питатель, фреза питателя, метательный аппарат, ротор метательного аппарата, параметры фрезерно-роторного снегоочистителя.

Благодарности. Автор выражает благодарность анонимным рецензентам за конструктивные комментарии.

© Д.С. Алешков



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

GEOMETRIC AND KINEMATIC CHARACTERISTICS OF FEEDER AND THROWER OF MILLING AND ROTARY SNOWBLOWER

D.S. Aleshkov

Siberian State Automobile and Highway University,
Omsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. Questions of the maintenance of territories and road network in winter conditions are directly connected with timely and qualitative clearing of roads and territories of snow. Designing and creation effective milling and rotary snowblowers, which work includes some technological operations on snow cleaning, consist in a correct choice of geometrical and kinematic parameters of basic elements. At a design stage the technique, allowing to carry out a choice of the basic technological parameters of such vehicles is necessary and further it would allow to make optimization directly. The purpose of this paper is representation of dependences of the basic technological parameters of the milling and rotary snowblowers and sequence of their choosing.

Materials and methods. The paper presents analytical equations connecting geometrical and kinematic characteristics of the feeder, the thrower of milling and rotary snowblower from conditions of maintenance of identical productivity. Moreover, the analysis of the received equations and dependences by choice milling and rotary snowblower parameters is presented. Sequences of the basic geometrical and kinematic parameters' influence on each other are revealed.

Results. As a result, the comparative estimation of the offered and existing equations is made. The character of dependence of angular speed of the throwing device rotation on translational speed of the milling and rotary snowblower and width of the rotor blade is established. On the basis of the received dependences the algorithm of the basic technological parameters' choice on the milling and rotary snowblowers, proceeding from the minimization condition of the initial parameters' task are considered.

Discussion and conclusion. The presented dependences allow to spend effectively outline designing of new constructions of milling and rotary snowblowers and to carry out optimisation of existing models of milling and rotary snowblowers.

KEYWORDS: milling and rotary snowblower, feeder, feeder cutter, thrower, thrower rotor, parameters of milling and rotary snowblower.

Acknowledgments. The author expresses their gratitude to the reviewers for their constructive comments.

© D.S. Aleshkov



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Представлен обзор результатов предыдущих исследований, направленных на определение основных технологических параметров фрезерно-роторных снегоочистителей посредством аналитических, эмпирических и статистических зависимостей, являющихся результатом математического моделирования и экспериментальных исследований работы фрезерно-роторного снегоочистителя.

2. Были сформулированы основные допущения, на основе которых получены аналитические зависимости между основными технологическими параметрами метательного аппарата и питателя фрезерно-роторного снегоочистителя.

3. Проведен анализ взаимного влияния основных технологических параметров и сравнительный анализ результата использования полученных уравнений с существующими образцами фрезерно-роторных снегоочистителей. Предложен алгоритм выбора основных технологических параметров метательного аппарата и питателя фрезерно-роторного снегоочистителя.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование снегоочистителей базируется на определении основных технологических параметров фрезерно-роторного снегоочистителя (далее ФРС), что позволяет также в дальнейшем производить оптимизацию этих характеристик. Необходимо уже на начальных этапах проектирования и оптимизации элементов ФРС знать исходные значения технологических параметров ФРС.

В работах^{1,2} радиус ротора метательного аппарата R_p определяется по формуле

$$R_p = \frac{\Pi_{mex}}{1,8\rho_{сн}K_HV_p b_p (1 - K_1^{-2})}, \quad (1)$$

где b_p – ширина лопасти ротора, м; $\rho_{сн}$ – плотность снега, кг/м³; V_p – окружная скорость ротора, м/с; K_H – коэффициент наполнения ротора снегом, зависящий от скорости V_p и физико-механических свойств снега, при $V_p = 13,5...20$ м/с и $\rho_{сн} = 300...500$ кг/м³,

$K_H = 0,25...0,5$ (большее значение соответствует меньшей скорости V_p); K_1 – коэффициент зависящий от угла разгрузки и угла внешнего трения снега определяется по формуле (3); Π_{mex} – техническая производительность ротора ФРС, т/ч, описывается выражением

$$\Pi_{mex} = \frac{V_p b_p R_p}{2} \left(1 - \frac{r_p^2}{R_p^2} \right). \quad (2)$$

$$K_1 = \frac{R_p}{r_p} = 0,5 [\exp(\varphi_p \alpha_V) + \exp(-\varphi_p \alpha_V)] = 2,2...2,5, \quad (3)$$

где φ_p – угол разгрузки ротора; α_V – коэффициент, учитывающий влияние трения снега о лопасть ротора; r_p – внутренний радиус ротора, м.

Соотношение (2) базируется на условии того, что метательный аппарат (далее МА) должен обладать такими технологическими параметрами, при которых он сможет обеспечить заданную техническую производительность ФРС в целом.

Что касается геометрических характеристик питателя ФРС в работе [1] диаметр фрезы питателя рекомендуется определять в зависимости от ширины захвата питателя B – расстояния между крайними точками отвала питателя в горизонтальной плоскости, по формуле

$$D_\phi \geq \frac{3}{2} \frac{B}{\pi}. \quad (4)$$

А ширину ленты фрезы питателя, b_ϕ , определяют по формуле [2, 4]:

$$b_\phi \geq \frac{100V_{nep}}{60n_\phi z} + \sqrt{2D_\phi f_2 \frac{100V_{nep}}{60n_\phi z} \sin \alpha_\kappa},$$

где V_{nep} – поступательная скорость ФРС, м/ч; n_ϕ – число оборотов фрезы в минуту; α_κ – угол подъема винтовой линии наружной кромки ленты; D_ϕ – диаметр фрезы, см.

¹ Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог: учебное пособие для вузов по дисциплине «Дорожные машины» для специальностей 170900, 230100, 150600 и 291800 / В.И. Баловнев, М.А. Беляев и др.; Под общ. ред. В.И. Баловнева. 2-е изд. дополн. и перераб. Москва Омск. ОАО «Омский дом печати», 2005. 768 с.

² Шалман Д.А. Снегоочистители. Изд. 2-е, переработ. Л., «Машиностроение», 1973. 216 с.

Для определения длины лопасти ротора может быть использована следующая зависимость²:

$$l_p = (0,55...0,6)R_p \quad (5)$$

или¹

$$l_p = R_p (1 - K_1^{-1}).$$

Ширина лопасти ротора равна¹

$$b_p = 2R_p K_p, \quad (6)$$

где $K_p = 0,325...0,375$ – коэффициент ширины ротора.

Одним из недостатков данных зависимостей является то, что технологические характеристики питателя и метательного аппарата ФРС определяются независимо друг от друга. Данные выражения являются достаточно громоздкими.

В работе [2] представлена зависимость, связывающая технологические параметры питателя ФРС:

$$R_\phi \geq \frac{V_{nep}}{\omega_\phi}, \quad (7)$$

где V_{nep} – поступательная скорость ФРС, м/с; R_ϕ – радиус фрезы питателя, м; ω_ϕ – угловая скорость вращения фрезы питателя, с⁻¹.

Необходимо отметить, что результаты регрессионно-корреляционного анализа существующих конструкций ФРС в виде регрессионных зависимостей одних параметров ФРС от других также являются источником, на основании которого можно принимать основные технологические параметры. В работе [3] приведены зависимости производительности от мощности двигателя и производительности от ширины захвата, соответственно

$$P_{mex} = 0,1104B^{1,5189},$$

$$P_{mex} = 987e^{0,0876 \cdot P},$$

где P – мощность двигателя, л.с.

Известны работы, в которых представлены соотношения определения параметров составляющих элементов ФРС, обеспечивающих высокую эффективность работы данных элементов [4, 5]. Однако такие соотношения

востребованы на этапах детальной проработки составляющих ФРС и разработки конструкторской документации.

Необходимо указать, что в работах [6,7] показан выбор одного из технологических параметров ФРС – скорости движения базовой машины. Данный подход позволяет на ранних этапах создания ФРС определять оптимальную величину такого параметра. В работе [8] при определении влияния шага шнека на мощность привода реализуется подход вывода зависимости скорости движения шнекороторного снегоочистителя из условия равенства производительностей питателя и ротора МА.

Таким образом, учитывая тот факт, что ФРС это система, включающая в себя совокупность подсистем, то при вырезании, транспортировании и отбросе снежной массы производительность должна быть идентичной для каждой подсистемы. Соответственно технологические параметры должны находиться во взаимодозначном соответствии [9]. Целью данной работы является получение закономерностей технологических характеристик МА, питателя ФРС. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выявить основные соотношения технологических параметров МА и питателя ФРС;
- выявить основные закономерности влияния технологических параметров питателя и метательного аппарата в условиях обеспечения заданной производительности ФРС;
- сформировать алгоритм выбора основных параметров МА и питателя ФРС, реализация которого при минимальном количестве исходных данных позволяет получить численные значения основных технологических параметров ФРС, на основе которых можно в дальнейшем осуществлять выбор наиболее рациональных значений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим вопрос выбора параметров питателя и метательного аппарата ФРС. Очевидным является факт того, что количество вырезанной снежной массы фрезой питателя ФРС должно полностью поступить в МА и быть отброшено в сторону ротором МА или перемещено в заданную точку пространства (например загружено в кузов транспортного средства). Исходя из этого узнаем, как связаны между собой технологические параметры МА и питателя ФРС.

Питатель ФРС за данный интервал времени Δt вырежет объем снега, равный

$$W_1 = BhV_{nep}\Delta t, \quad (8)$$

где h – толщина снежного покрова, м.

При этом объем переброшенный МА составит

$$W_2 = \varphi_p R_p^2 b_p = \omega_p \Delta t \cdot R_p^2 b_p, \quad (9)$$

где ω_p – угловая скорость вращения ротора МА, c^{-1} .

Очевидно, что объемы W_1 и W_2 должны быть равны, тогда с учетом (8) и (9) имеем

$$BhV_{nep} = \omega_p R_p^2 b_p. \quad (10)$$

Выражение (10) иначе может быть интерпретировано как равенство теоретических производительностей МА и ФРС³.

Объем пятна разброса за интервал времени Δt – это объем, который занимает снег после того, как он был отброшен в сторону МА за время Δt работы ФРС. Этот объем должен соответствовать объему снежной массы, который переместит ротор МА за интервал времени Δt . Также он должен быть равен объему снежной массы, который вырезает питатель за тот же интервал времени. Вырезанный объем распределяется по площади S_1 , которая в общем виде характеризуется длиной, L , шириной, B_{Π} и толщиной пятна разброса h_3 (рисунок 1). Совокупность таких площадей образует снежный вал, параллельный направлению движения ФРС. Для проведения дальнейших преобразований необходимо принять следующие допущения:

- снежная масса распределяется равномерно по всей ширине разброса транспортируемой снежной массы B_{Π} ;
- поступательная скорость ФРС постоянна и равна V_{nep} ;
- угловая скорость вращения ротора МА также постоянна и равна ω_p ;
- межлопастное пространство ротора МА полностью заполнено снежной массой.

Исходя из принятых допущений следует, что при одном проходе ФРС толщина снежного вала остается постоянной по всей его ширине.

Ширина снежного вала за рассматриваемый интервал времени составит (рисунок 2):

$$S_y = B_{\Pi} + S = B_{\Pi} + V_{nep}\Delta t, \quad (11)$$

где S – путь пройденный ФРС за интервал времени Δt .

В общем виде можно принять путь, пройденный ФРС, равным одной захватке при уборке открытых пространств за несколько проходов (см. рисунок 2).

Тогда объем снежного вала, с учетом (11), равен:

$$W_3 = W_1 = W_2 = S_y L h_3 = V_{nep} \Delta t L h_3. \quad (12)$$

Из (12) выражаем толщину снежного вала с учетом (8):

$$h_3 = \frac{BhV_{nep}\Delta t}{S_y L} = \frac{Bh}{L} \quad (13)$$

или с учетом (9)

$$h_3 = \frac{\omega_p \Delta t \cdot R_p^2 b_p}{S_y L} = \frac{\omega_p R_p^2 b_p}{V_{nep} L}. \quad (14)$$

Следующим этапом рассмотрим, как связаны между собой технологические параметры ротора МУ и питателя ФРС при обеспечении условия соответствия производительности ротора МУ и производительности питателя ФРС, аналогичный подход был реализован в [8]. При этом считаем, что в качестве исходных данных (известных параметров) выступают технологические параметры питателя ФРС. Неизвестными величинами являются технологические параметры ротора МА.

В работе [10] дано выражение объема снежной массы вырезаемого фрезой питателя за один оборот в зависимости от технологических параметров ФРС, которое имеет вид

$$W = 2\pi \cdot h \cdot B \frac{V_{nep}}{n \cdot \omega_{\phi}} = 4\pi \cdot h \cdot R_{\phi} \cdot \operatorname{tg} \theta \frac{V_{nep}}{n^2 \cdot \omega_{\phi}}, \quad (15)$$

где n – число заходов ленты фрезы; h – толщина снежного покрова; θ – угол захода ленты фрезы.

³ Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин: учебное пособие для студентов вузов. М.: Выш. школа, 1981. 335 с.

Соответственно объем (15) должен быть как минимум эквивалентен объему межлопастного пространства питателя ФРС, которое должно быть заполнено снегом, вырезанным фрезой, следовательно должно соблюдаться условие равенства объемов (15) и (9), которое с учетом полной загрузки всего ротора примет вид

$$R_p^2 b_p = 2h \cdot R_\phi \cdot \operatorname{tg} \theta \frac{V_{\text{пер}}}{n^2 \cdot \omega_\phi} \quad (16)$$

Используя данное соотношение можно определить технологические параметры ротора МА в зависимости от технологических параметров питателя ФРС.

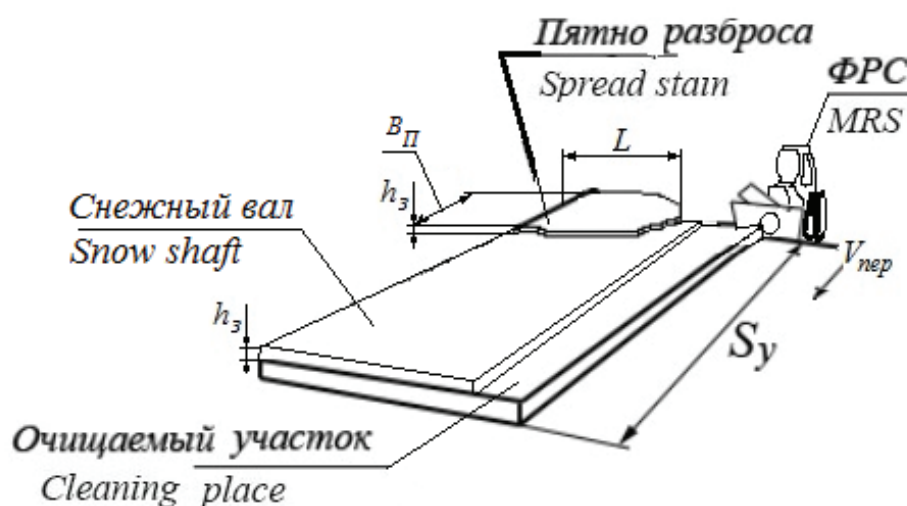


Рисунок 1 – Схема уборки открытого пространства

Figure 1 – Scheme of the open place cleaning

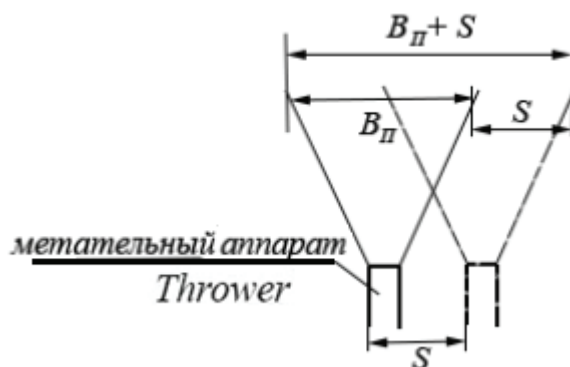


Рисунок 2 – Схема формирования пятна разброса, вид сверху

Figure 2 – Scheme of the spread formation, top view

Так, из уравнения (16), используя уравнение (10), выразим угловую скорость вращения ротора МА:

$$\omega_p = \frac{B \cdot n^2 \cdot \omega \phi}{2 \cdot R \phi \cdot \text{tg} \theta} \quad (17)$$

Для выражения радиуса ротора МА через технологические параметры питателя ФРС воспользуемся формулой (6), предварительно представив ее в следующем виде:

$$R_p^2 b_p = 2 R_p^3 K_p.$$

Произведем подстановку правой части полученного выражения в левую часть (16):

$$R_p^3 = \frac{1}{K_p} h \cdot R \phi \cdot \text{tg} \theta \frac{V_{nep}}{n^2 \cdot \omega \phi} \quad (18)$$

Очевидным условием является, что радиус ротора МА не может быть больше радиуса фрезы питателя ФРС.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Произведем расчет радиуса ротора МА по формулам (1) и (9). Исходные данные для использования указанных формул представлены в таблице 1.

В результате вычислений по формуле (1) радиус ротора МА составил $R_p^1 = 0,16$ м. С учетом известного соотношения связи окружной скорости и угловой скорости вращения⁴ угловая скорость вращения ротора МА будет равна $87,2 \text{ с}^{-1}$. Величина радиуса ротора МА по формуле (10) на основании исходных данных, представленных в таблице 1 и с учетом найденной угловой скорости, составит $R_p = 0,146$ м. Относительное расхождение полученных результатов⁵:

$$\delta = \frac{R_p^1 - R_p}{R_p^1} = \frac{0,16 - 0,14}{0,16} \cdot 100 = 8,8\%.$$

За счет увеличения плотности снега можно добиться большей сходимости результатов.

ТАБЛИЦА 1
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ
TABLE 1
INITIAL DATA

Параметр	Значение
Плотность снега, кг/м ³ Snow density, kg/m ³	300
Окружная скорость ротора, м/с Rotor peripheral velocity, m/s	14
Ширина лопасти ротора, м Width of the blade of a rotor, m	0,09
Внутренний радиус ротора, м Internal radius of a rotor, m	0,1
Толщина снежного покрова, м Thickness of a snow, m	0,1
Поступательная скорость ФРС, м/с Speed MRS, m/s	1,4
Ширина захвата, м Cutter belt width, m	1,2
Производительность ротора МА, т/ч Productivity of a rotor T, t/h	26
Коэффициент наполнения ротора снегом Coefficient of admission of a rotor snow	0,3
Коэффициент, зависящий от угла разгрузки и угла внешнего трения снега Factor depending on an angle of relief and an angle of an external friction of snow	2,2

Так, при плотности снежного покрова 350 кг/м^3 , радиус ротора, вычисленный по формуле (1), составит $0,24$ м и, соответственно, $\delta = 1,5\%$.

Анализ выражений (13) и (14) показывает, что необходима согласованность основных технологических параметров питателя и МА ФРС (рисунок 3). В противном случае будут наблюдаться различные толщины снежного вала в продольном и поперечном направлениях (см. рисунок 3). Эта согласованность достигается обеспечением равенства (10). На рисунке 3 точка А пересечения двух кривых является решением уравнения (10).

Рассмотрим влияние поступательной скорости снегоочистителя и ширины лопасти ротора МА на величину угловой скорости вращения ротора, используя выражение (10):

$$\omega_p = \frac{B}{b_p} \frac{h}{R_p^2} V_{nep}$$

⁴ Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Учебник для техн. вузов. 8-е изд., стереотипное. СПб.: Издательство «Лань», 2001. 768 с.

⁵ Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник. М.: «Бином-Пресс», 2007. 512 с.

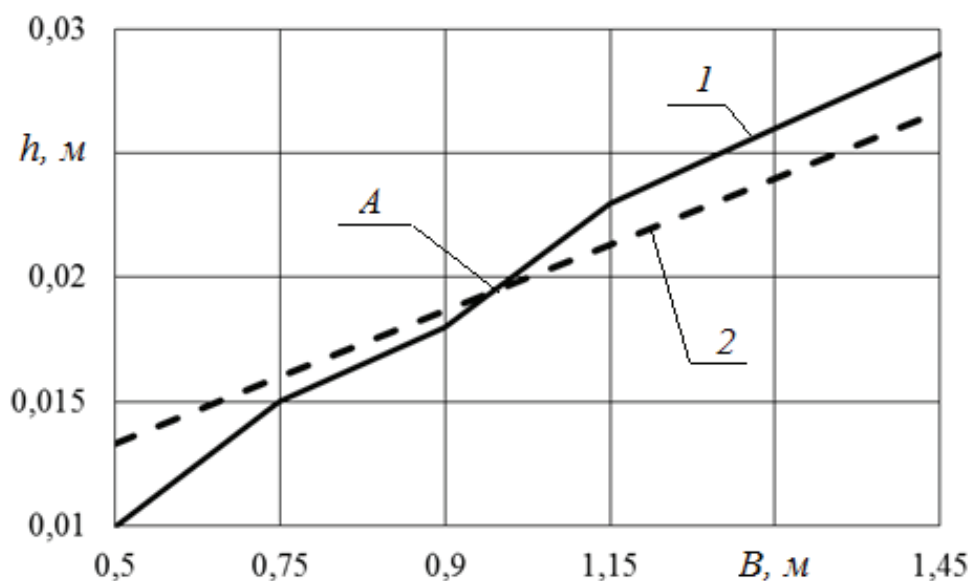


Рисунок 3 – Зависимость толщины пятна разброса от ширины лопасти ротора (ряд 1) и ширины захвата питателя ФРС (ряд 2), при $L = 5$ м, $h = 0,1$ м; $\omega_p = 87,2$ с⁻¹; $R_p = 0,16$ м; $V_{пер} = 1,4$ м/с.

Figure 3 – Values of spread stain: 1 – width of the rotor blade; 2 – cutter belt width with $aL = 5$ м, $h = 0,1$ м; $\omega_p = 87,2$ с⁻¹; $R_p = 0,16$ м; $V_{пер} = 1,4$ м/с.

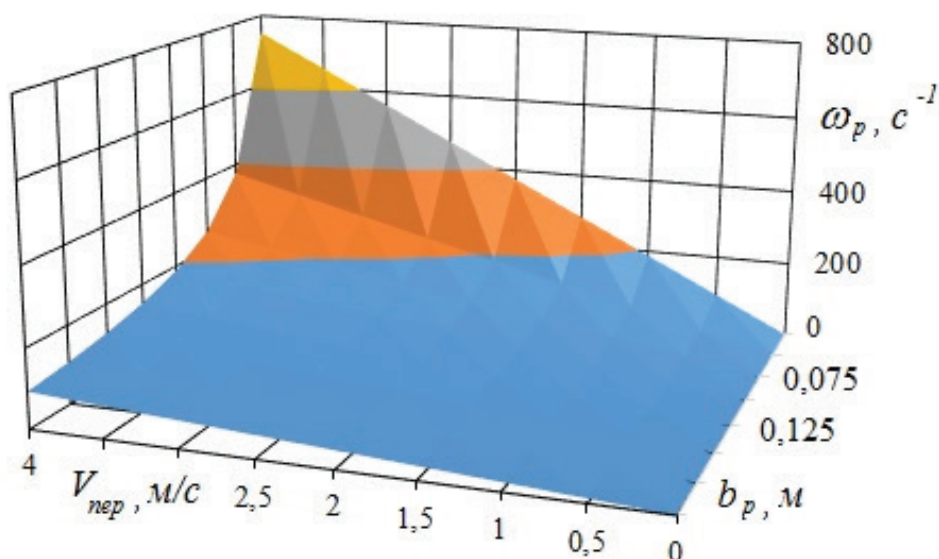


Рисунок 4 – Зависимость угловой скорости вращения ротора МА от поступательной скорости ФРС и ширины лопасти ротора при $B = 1,2$ м, $h = 0,1$ м и $R_p = 0,16$ м

Figure 4 – Values of the angular rotation rate with the MRS speed of the rotor blade width $B = 1,2$ м, $h = 0,1$ м and $R_p = 0,16$ м

На рисунке 4 представлен график угловой скорости вращения ротора МА, c^{-1} , в зависимости от поступательной скорости ФРС и ширины лопасти ротора МА при B равном 1,2 м, $h = 0,1$ м и $R_p = 0,16$ м.

Используя исходные данные, представленные в таблице 1 и таблице 2, проверим выполнение условия (16). После подстановки в (16) уже известных значений имеем:

$$0,002 \geq 0,0001$$

Тот факт, что левая часть практически на порядок больше правой, может быть интерпретирован так, что в процессе работы МА будет загружаться не в полном объеме, это в свою очередь может привести к нежелательным последствиям, таким как уменьшение плотности снежного потока в направляющей насадке, что вызывает уменьшение дальности отброса снежной массы. Поэтому целесообразно произвести корректировку величин входящих в уравнение (10).

Составлен алгоритм расчета параметров питателя и МА ФРС. Применение данного алгоритма необходимо при проектировании ФРС. При его использовании требуется минимальное значение исходных данных.

Описание алгоритма:

1. Начало.

2. Вводятся исходные данные.

Задаются поступательная скорость ФРС $V_{пер}$, толщина снежного покрова h , угол захода ленты фрезы θ , число заходов ленты фрезы n , ширина захвата питателя ФРС B и коэффициент ширины ротора K_p .

3. Определяется радиус фрезы питателя ФРС R_ϕ по формуле (4).

4. Определяется угловая скорость фрезы питателя ФРС ω_ϕ по формуле (7).

5. По формуле (17) находится угловая скорость вращения ротора МА ω_p .

6. По формуле (18) определяем радиус ротора R_p .

7. По формуле (6) находим ширину лопасти ротора b_p .

8. По формуле (5) определяем рабочую длину лопасти ротора l_p .

9. Вывод результатов вычислений.

10. Конец.

В результате использования алгоритма при исходных данных, представленных в таблице 3, были получены результаты, представленные в таблице 4.

ТАБЛИЦА 2
ПАРАМЕТРЫ ПИТАТЕЛЯ ФРС
TABLE2
MRS'S FEEDER PARAMETERS

Параметр	Значение
Угол захода ленты фрезы, град. Cutting angle of the cutter belt, deg.	20
Угловая скорость вращения фрезы питателя ФРС, c^{-1} angular rotation rate of the cutter MRS, s^{-1}	8
Число заходов ленты фрезы Number-thread hob	2
Радиус фрезы, м Cutter radius, m	0,18

ТАБЛИЦА 3
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ РАСЧЕТНОГО АЛГОРИТМА
TABLE3
INITIAL ALGORITHM'S DATA

Параметр Variables	Значение Value
Угол захода ленты фрезы, град. Cutting angle of the cutter belt, deg.	20
Поступательная скорость ФРС, м/с Speed MRS, m/s	1,4
Число заходов ленты фрезы Number-threadhob	2
Ширина захвата, м Cutter belt width, m	1,2
Толщина снежного покрова, м Thickness of a snow, m	0,1
Коэффициент ширины ротора Coefficient of admission of a rotor snow	0,325

ТАБЛИЦА 4
РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
РАСЧЕТНОГО АЛГОРИТМА
TABLE4
RESULTS OF ALGORITHM'S USAGE

Параметр Variables	Значение Value
Радиус фрезы питателя ФРС, м Cutter radius, m	0,28
Угловая скорость фрезы питателя ФРС, рад/с Angular rotation rate of the cutter MRS, s^{-1}	4,88
Угловая скорость вращения ротора МА, рад/с angular rotation rate of the rotor, s^{-1}	17,9
Радиус ротора, м Rotor radius, m	0,14
Ширина лопасти ротора, м Width of the blade of a rotor, m	0,08
Рабочая длина лопасти ротора, м Working length of the blade of a rotor, m	0,07

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теоретическая производительность МА и питателя ФРС должны быть эквиваленты друг другу, что является условием отсутствия потерь снежной массы при работе ФРС и условием обеспечения высокой производительности его работы. Исходя из этого были получены соотношения (9) и (15), которые связывают поступательную скорость ФРС, геометрические размеры и угловые скорости вращения питателя и МА в явном виде в отличие от (1), где эта связь является косвенной. Формула (1) допускает варьирование ряда исходных данных, что приводит к достаточно широкому диапазону изменения итогового результата.

Из (13) и (14) следует основной вывод о том, что минимизация роста образования снежных валов заключается в увеличении пятна разброса, однако данный факт существенно влияет на дальность отброса снежной массы. И увеличение пятна разброса приводит к уменьшению дальности отброса.

Наиболее существенное влияние на толщину пятна разброса и снежного вала оказывают параметры ротора МА, при изменении характеристик питателя, входящих в уравнение (13), это влияние менее выражено, что является вполне очевидным фактом.

Из рисунка 4 следует, что угловая скорость вращения ротора существенно зависит от поступательной скорости ФРС, при этом увеличение ширины лопасти ротора приводит к ее уменьшению, и с ростом поступательной скорости это уменьшение имеет более выраженный нелинейный характер.

Предложен уточненный алгоритм расчета технологических параметров МА и питателя ФРС, позволяющий осуществлять расчет основных технологических параметров ФРС, при минимальном количестве исходных данных. Для определения каждого из шести параметров, указанных в алгоритме, требуется последовательно задать по одному из исходных параметров.

В результате использования предлагаемого алгоритма для численных значений, характерных для существующих моделей малогабаритных ФРС, установлено, что значение радиуса ротора МА получается заниженным по сравнению с известными моделями. По всем остальным технологическим параметрам алгоритм расчета дает хорошую сходимость результатов с аналогичными параметрами существующих моделей малогабаритных ФРС.

Сравнение результатов использования предложенного алгоритма на основе полученных аналитических зависимостей показало удовлетворительную сходимость со значениями технологических параметров питателей существующих фрезерно-роторных снегоочистителей, однако что касается выбора радиуса ротора МА, то эта характеристика принимает заниженные значения, что потребует ее дальнейшей корректировки.

Таким образом, следующим этапом совершенствования алгоритма расчета и уточнения зависимостей, позволяющих осуществлять выбор основных параметров ФРС, является обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований работы МА и питателя ФРС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bucher E. SchleuderoderFräse? – «Strasse und Verkehr», 1951, N 13, pp. 419-421; 1952, N 2, pp. 47-49; 1952, N 3, pp. 82-89.
2. Алешков Д.С., Урусова Н.Ю. Влияние основных параметров фрезерно-роторного снегоочистителя на вырезаемый объем снежной стружки // Вестник СибАДИ. 2013. № 5 (33). С. 10-14.
3. Прусов А.Ю., Маврин И.Ю. Статистический анализ малогабаритной коммунальной снегоуборочной техники Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2014. Т.1. С. 180 -183.
4. Баранчик В.П., Закиров М.Ф. Исследования сопротивления резанию снега малогабаритным плужным снегоочистителем // Механизация строительства. 2009. № 11. С. 16–18.
5. Закиров М.Ф., Баранчик В.П. Новый подход к выбору режимов разрушения снега рабочими органами машин // Интеллектуальные системы в производстве. 2011. № 2 (18). С. 107-110.
6. Закиров М.Ф. Определение оптимальной скорости перемещения шнекороторного снегоочистителя методом анализа четвертой координаты рабочего процесса // В сборнике: Интерстроймех - 2015. Материалы международной научно-технической конференции. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 98-102
7. Баловнев В.И., Селиверстов Н.Д. Анализ четвертой координаты (продолжительности) рабочего процесса в системе проектирования и оптимизации параметров инновационной дорожно-строительной техники // Строительные и дорожные машины. 2016. № 1. С. 26-30.

8. Закиров М.Ф. Исследование влияния шага шнека на мощность привода питателя малогабаритного шнекороторного снегоочистителя // Интеллектуальные системы в производстве. 2015. № 2 (26). С. 56 – 57.

9. Korchagin P.A., Teterina I.A., Rahuba L.F. Improvement of human operator vibroprotection system in the utility machine // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 944, no. 1. Ст. 012059. DOI: 10.1088/1742-6596/944/1/012059

10. Алешков Д.С., Аюпова Н.Ю. Обоснование ширины ленты фрезы питателя фрезерно-роторного снегоочистителя // Вестник СиБАДИ. 2017. № 2 (54). С. 7-11.

REFERENCES

1. Bucher E. SchleuderoderFräse? – «Strasse und Verkehr», 1951, N 13, pp. 419-421; 1952, N 2, pp. 47-49; 1952, N 3, pp. 82-89.

2. Aleshkov, D.S., Urusova N.Yu., Vliyanie osnovnykh parametrov frezerno-rotornogo snegoochistitelya na vyrezaemyj ob'em snezhnoj struzhki [Influence of base parameters of milling and rotary snowblower on the cut out volume of a snow chip]. *Vestnik SibADI*, 2013, no. 5 (33), pp. 10-14. (in Russian).

3. Prusov A.U., Mavrin I.U. Statisticheskij analiz malogabaritnoj kommunal'noj snegoubo-rochnoj tekhniki [Statistical Analysis of small-size municipal snow-removing technics]. *Modernizaciya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse*, 2014, V.1, pp. 180-183. (in Russian).

4. Baranchik V.P., Zakirov M.F. Issledovaniya soprotivleniya rezaniyu snega maloga - baritnym pluzhnym snegoochistitelem [Studies of resistance to cutting of snow by plough compact snowblower]. *Mekhanizaciya stroitel'stva*, 2009, no 11, pp. 16–18. (in Russian).

5. Zakirov M.F., Baranchik V.P. Novyj podhod k vyboru rezhimov razrusheniya snega rabochimi organami mashin [New approach to the choice of snow destruction working parts of machines]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2011, no 2 (18), pp. 107-110.

6. Zakirov M.F. Opredelenie optimal'noj skorosti peremeshcheniya shnekorotornogo snegoochistitelya metodom analiza chetvertoj koordinaty rabocheho processa [Determination of the optimal speed of movement of the screw-rotor snowblower by the analysis of the fourth coordinate of the working process]. *Interstrojmezh*, 2015, pp.98-102. (in Russian).

7. Balovnew V.I., Seliverstov N.D. Analiz chetvyortoj koordinaty (prodolzhitel'nosti) rabocheho processa v sisteme proektirovaniya i optimizacii parametrov innovacionnoj dorozhno-stroitel'noj tekhniki [Analysis of the fourth coordinate (duration) of the working process in the design and optimization of the parameters of innovative road construction equipment]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2016, no 1, pp. 26-30. (in Russian).

8. Zakirov M.F. Issledovanie vliyaniya shaga shneka na moshchnost' privoda pitatelya malogabaritnogo shnekorotornogo snegoochistitelya [Research of the influence of the auger to the drive power feeder compact rotary snowblower]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2015, № 2 (26), pp. 56 – 57. (in Russian).

9. Korchagin P.A., Teterina I.A., Rahuba L.F. Improvement of human operator vibroprotection system in the utility machine // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 944, no. 1. - Ст. 012059. DOI: 10.1088/1742-6596/944/1/012059

10. Aleshkov D.S., Ayupova N.Yu., Obosnovanie shiriny lenty frezy pitatelya frezerno-rotornogo snegoochistitelya [Justification of the cutter belt width of the milling-rotary snow plough feeder]. *Vestnik SibADI*, 2017, no. 2(54), pp. 7-11.

Поступила 27.08.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Алешков Денис Сергеевич – канд. техн. наук, доцент, доц. кафедры «Техносферная и экологическая безопасность», ORCID ID 0000-0003-4204-7221, ФГБОУ ВО «СиБАДИ» (644050, Россия, г. Омск, пр. Мира, 5, denisaleshkov@mail.ru).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleshkov Denis Sergeevich – candidate of science (engineering), Assistant Professor of the Technosphere Safety Department, ORCID i 0000-0003-4204-7221, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644050, Russia, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: denisaleshkov@mail.ru).

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПУСКА ДИЗЕЛЯ

А.А. Козлов

Омский автобронетанковый инженерный институт,
г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Статья посвящается исследованию процесса пуска дизелей типа В-2 в условиях низких температур, а именно влиянию температуры свежего заряда на пусковые характеристики дизелей. Актуальность работы обусловлена тем, что большая часть территории РФ находится в климатических поясах с преобладанием низких температур окружающего воздуха, и, как следствие, в экстремальных условиях эксплуатации. Несмотря на то что в научной литературе большое внимание уделяется исследованиям в данной области, этот вопрос недостаточно изучен.

Система противоречий заключается в поиске рациональных значений температуры свежего заряда в начале такта сжатия, повышение которых приведет к уменьшению массы кислорода, а понижение – к недостаточной температуре в конце такта сжатия, что, в свою очередь, не обеспечит воспламенение. Целью исследования является обоснование рациональных значений температуры свежего заряда и дальнейшая практическая реализация данных значений на современных объектах бронетанкового вооружения.

Материалы и методы. В основу исследования положено уравнение регрессионного анализа, также используются стандартные расчетно-теоретические и экспериментальные методы, основанные на известных и широко апробированных зависимостях теории поршневых ДВС, газовой динамики и термодинамики, которые были уточнены с учетом особенностей пуска дизеля.

Результаты. В данном исследовании были определены рациональные значения температуры свежего заряда; проведен анализ средств предпусковой подготовки и облегчения пуска дизелей типа В-2; предложен способ повышения и дальнейшей стабилизации температуры впускного заряда на современных объектах бронетанкового вооружения.

Обсуждение и заключение. В результате исследования были подтверждены рациональные значения температуры свежего заряда, при использовании которых дизель обладает наилучшими пусковыми характеристиками. Предложено техническое решение для реализации данных значений за счет использования вихревого индукционного подогревателя.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дизель, воздушный заряд, впускной коллектор, воспламенение, средства облегчения пуска, вихревой индукционный подогрев.

© А.А. Козлов



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

INCREASING EFFICIENCY OF THE DIESEL ENGINE STARTING

A.A. Kozlov

Omsk Tank-Automotive Engineering Institute,
Russia, Omsk

ABSTRACT

Introduction. The paper is devoted to the investigation of the D-type diesel engines' start-up of the B-2 type under low temperatures, especially to the influence of the fresh charge temperature on the starting characteristics of the diesel engines. The Russian Federation is located in climatic zones with predominance of low ambient air temperatures and under extreme conditions. However, such situation is not adequately studied in scientific literature.

The main problem is in the search for rational values of the temperature of the fresh charge at the beginning of the compression stroke. The increase of such temperature leads to the decrease in the oxygen mass, and to the decrease to an insufficient temperature at the end of the compression stroke and, as a result, it would not provide ignition. Therefore, the aim of the research is to substantiate the rational values of the fresh charge temperature and further practical implementation of these values at modern BTWT facilities.

Materials and methods. The author uses standard theoretical and theoretical methods based on widely approved dependences of the piston internal combustion engines' theory, gas dynamics and thermodynamics, which have been refined taking into account the features of the diesel engine start.

Results. As a result, the author determines rational values of the fresh charge temperature, makes the analysis of the pre-launch preparation and facilitating of the D-type diesel engines' start-up and demonstrates the method of increasing and further stabilizing of the temperature of the inlet charge at modern BTWT facilities.

Discussion and conclusion. The research confirms the rational values of the fresh charge temperature, by using of which the diesel has the best starting characteristics. The author also proposes a technical solution for values' realization by using a vortex induction heater.

KEYWORDS: diesel, air charge, intake manifold, ignition, starting means, vortex induction heating.

© A.A. Kozlov



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем при эксплуатации дизелей остается обеспечение пусковых характеристик двигателей при низких температурах окружающей среды. Она решается применением различных способов и средств облегчения пуска, в том числе путём повышения температуры свежего заряда. Основная идея исследования заключается в поиске рациональных значений температуры свежего заряда в начале такта сжатия, повышение которых приведет к уменьшению массы кислорода, а понижение – к недостаточной температуре в конце такта сжатия, что, в свою очередь, не обеспечит воспламенение. В качестве дальнейшей реализации данных исследований предложена модель устройства вихревого индукционного подогревателя воздушного заряда, основанная на идее автоматизированного подогрева воздушного заряда в впускном коллекторе и последующего поддержания заданной температуры за счет вихревого индукционного подогревателя. Решению данной проблемы предшествовали теоретические аспекты процесса пуска в условиях отрицательных температур, обзор средств предпусковой подготовки и облегчения пуска дизелей типа В-2.

В научной литературе большое внимание уделяется исследованиям вопросов пуска поршневых двигателей внутреннего сгорания в условиях отрицательных температур. Целевые программы в области развития Арктических регионов накладывают повышенную ответственность по тематике данного исследования.

Обеспечение надежного пуска двигателей внутреннего сгорания в условиях отрицательных температур является актуальной проблемой современного транспортного комплекса.

Проблеме пуска дизелей при их эксплуатации в районах с морозным климатом, где большую часть времени преобладают отрицательные температуры воздуха, уделяется особое внимание [1,2]. В таких условиях пуск дизелей значительно осложняется. Без средств облегчения пуска дизельные двигатели с трудом запускаются даже при температурах 0...+5 °С [3, 4].

Изучением пусковых процессов двигателей занималось множество известных учёных как

в нашей стране, так и за рубежом. Среди отечественных исследователей можно выделить работы Л.А. Николаева [5], В.Г. Камалтдинова [6], В.Л. Купершмидта [7], А.Е. Попова¹, К.В. Роднова², А.А. Смолина³ и других. Среди зарубежных – Henien N. [8], Mitchell K. [9], Park J.K. [10], Shayler P.J. [11]. В указанных работах исследованы процессы предпусковой подготовки и облегчения пуска дизелей, которые могут быть применены для решения частных задач, таких как:

анализ процессов в отдельных системах и механизмах двигателя;

выбор средств предпусковой подготовки и облегчения пуска;

применение оригинальных технических решений для обеспечения пуска и др.

Указанные работы содержат фундаментальные основы теории рабочих процессов поршневых двигателей и не могут в чистом виде быть применены для решения задач настоящего исследования, так как разработанные в них методы математического моделирования предназначены для расчета нормальных режимов и не учитывают особенностей режимов предпусковой подготовки и пуска:

- низкая либо равная нулю частота вращения коленчатого вала;

- нестабильные значения температур стенок камеры сгорания, температур и скорости движения газов, охлаждающей жидкости и масла;

- плохая испаряемость топлива, наличие в рабочем теле при работе подогревателя воздуха на впуске продуктов сгорания.

Проблемы теоретического плана, возникающие при решении задачи обеспечения надежного пуска дизелей объектов бронетанкового вооружения в условиях низких температур, заключаются в противоречии между необходимой потребностью математического описания процессов в системах воздухообеспечения дизеля и отсутствием комплексного подхода, учитывающего возможность расчета теплового состояния двигателя при предпусковом подогреве, элементов систем подогрева воздуха на впуске с учетом воздушного пуска, а также влияния начального положения коленчатого вала на динамику нагрева газов в камере сгорания.

¹ Попов А.Е. Эффективность использования теплоты в дизеле на режимах пуска при низких температурах окружающей среды и меры по её повышению: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 / Попов Александр Евгеньевич. Челябинск, 2012. 188 с.

² Роднов К.В. Улучшение пусковых характеристик дизелей специального назначения использованием масловпрыска: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 / Роднов Константин Валерьевич. Челябинск, 2009. 119 с.

³ Смолин А.А. Обеспечения надежного пуска двигателей при низких температурах // Материалы 8-й Международной научно – практической конференции «Перспективные вопросы мировой науки» Т. 39. София, 2012. С.70–74.

Достоверная экспериментальная оценка процесса пуска затруднена из-за необходимости применения дорогостоящего оборудования для поддержания стабильной низкой температуры окружающего воздуха, фиксирования быстроизменяющихся параметров температуры и давления, отсутствия методики пусковых испытаний, учитывающих особенности конструкции технического решения.

Несмотря на большое количество работ по исследованию и улучшению пусковых качеств двигателей проблема пуска полностью не разрешена.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу исследования положено уравнение на основании регрессионного анализа экспериментальных данных В.В. Шишкова, также используются стандартные расчетно-теоретические и экспериментальные методы, основанные на известных и широко апробированных зависимостях теории поршневых ДВС, газовой динамики и термодинамики, которые были уточнены с учетом особенностей пуска дизеля.

Уравнение В.В. Шишкова имеет вид⁴:

$$\ln(T_{\text{вос}}) = \frac{1}{20,27} \cdot (139,1 - 3,01 \cdot \ln(T_T) + 1,908 \cdot \ln(n) - \ln(\tau_n)), \quad (1)$$

где $T_{\text{вос}}$ – температура воспламенения топлива, К;

T_T – температура топлива, К;

n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹;

τ_n – продолжительность пуска, с.

Считается, что пуск дизеля происходит, если температура сжатия превысит температуру воспламенения топлива. Преобразовав выражение (1), приравняв температуру в конце такта и температуру воспламенения топлива, получаем следующую зависимость:

$$\ln(\tau_n) = 139,1 - 3,01 \cdot \ln(T_T) + 1,908 \cdot \ln(n) - 20,27 \cdot \ln(T_c). \quad (2)$$

Из выражения (2) выводим продолжительность пуска:

$$\tau_n = e^{139,1 - 3,01 \cdot \ln(T_T) + 1,908 \cdot \ln(n) - 20,27 \cdot \ln(T_c)}. \quad (3)$$

Температура в конце такта сжатия в простейшей форме представлена следующей зависимостью⁵:

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon_{\delta}^{m_1 - 1}, \quad (4)$$

где T_a – температура воздушного заряда в начале такта сжатия, К;

T_c – температура воздушного заряда в конце такта сжатия без учета теплопередачи с поверхностью КС, К;

m_1 – показатель политропы сжатия;

ε_{δ} – действительная степень сжатия.

Учитывая снижение температуры заряда вследствие теплопередачи рабочего тела с поверхностью камеры сгорания ΔT_{mKC} , выражение (4) примет вид

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon_{\delta}^{m_1 - 1} - \Delta T_{mKC}. \quad (5)$$

При этом определяем коэффициент теплопередачи, используя зависимости термодинамики:

⁴ Шишков В.В. Улучшение показателей рабочего цикла дизеля при пуске подогревом впускного заряда: дис. канд. техн. наук: 05.04.02 / Шишков Виктор Владимирович. Челябинск, 2000. 158 с.

⁵ Козлов А.А., Гранкин М.Г., Иванов В.В. Преимущества адаптивной системы подогрева воздуха при пуске дизеля в условиях низких температур // XII Международная научно-практическая конференция «Достижения высшей школы 2016» (17-25 ноября 2016 года), г. София, Болгария: изд-во «Бял ГРАД-БГ» ООД, том 12. С. 14 – 18.

$$\alpha = 4,18 \cdot a \cdot \sqrt[3]{p^2 \cdot T} \cdot (1 + b \cdot C_n), \quad (6)$$

где C_n – средняя скорость поршня, м/с;

F_x – текущее давление заряда, Па;

T_x – текущая температура заряда, К;

показатели $a = 0,99$; $b = 0,185$.

n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹.

Выражаем понижение температуры воздушного заряда за счет теплопередачи с поверхностью КС имеет вид

$$\Delta T_{mKC} = \frac{4,18 \cdot a \cdot \sqrt[3]{p^2 \cdot T} \cdot \left(1 + b \cdot \frac{S \cdot n}{30}\right) \cdot F_x \cdot (T_x - T_{cm}) \cdot \tau}{\mu_x \cdot \mu \cdot c_p}. \quad (7)$$

Действительная степень сжатия имеет зависимость

$$\varepsilon_\partial = \varepsilon_\Gamma \cdot \xi \cdot (1 - \psi) + \psi, \quad (8)$$

где ψ – коэффициент потерянного объема;

ξ – коэффициент утечек заряда через поршневые кольца;

ε_{∂} – геометрическая степень сжатия.

Величина коэффициента утечек заряда через поршневые кольца ξ зависит от многих факторов. Основными являются скорость и неравномерность прокручивания коленчатого вала, степень сжатия, тепловое состояние цилиндропоршневой группы и время между прокрутками. К концу сжатия скорость прокручивания коленчатого вала снижается до минимума и может быть намного меньше средней.

$$\xi = \frac{n^{0,32}}{\varepsilon_\Gamma^{0,65}}. \quad (9)$$

$$\psi = \frac{\Delta V_h}{V_h}, \quad (10)$$

где ΔV_h – объем утечек заряда вследствие запаздывания закрытия впускного клапана, м³;

V_h – рабочий объем цилиндра, м³.

Более точной зависимостью для определения утечки заряда через поршневые кольца является формула К. Энглиша [12], откуда:

$$\xi = \frac{\Delta V_\kappa}{V_h} = 0,005 \cdot \frac{D^{1,5} \cdot f \cdot p_x}{\sqrt[3]{i} \cdot n \cdot V_h}, \quad (11)$$

где ΔV_κ – объем утечек заряда вследствие запаздывания закрытия впускного клапана, м³;

D – диаметр цилиндра двигателя, м;

p_x – расчетное давление при сжатии заряда, Па;

i – число уплотнительных колец;

n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹.

Исходя из вышеизложенного выражаем продолжительность пуска, принимая неизменными значения температуры топлива, минимальную пусковую частоту вращения коленчатого вала, учитывая процесс теплопередачи поверхности камеры сгорания и рабочего тела:

$$\tau_n = e^{139,1 - 3,01 \cdot \ln(T_T) + 1,908 \cdot \ln(n) - 20,27 \cdot \ln(T_a \cdot \varepsilon_\partial^{m_1 - 1} - \Delta T_{mKC})}. \quad (12)$$

Таким образом, одним из направлений повышения пусковых характеристик поршневых двигателей внутреннего сгорания является повышение температуры свежего заряда T_a , а именно определение рациональных значений температуры свежего заряда в начале такта сжатия, повышение которых приведет к уменьшению массы кислорода, а понижение – к недостаточной температуре в конце такта сжатия, что, в свою очередь, не обеспечит воспламенение. В качестве технического решения предложен вихревой индукционный подогреватель впускного воздуха, основанный на новых физических принципах, ранее не используемых в данной области. Данный вопрос недостаточно изучен и не имеет реализации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате проведенных исследований выявлена зависимость влияния температуры свежего заряда на продолжительность пуска дизеля. На рисунке 1 изображен график зависимости продолжительности пуска дизеля от температуры свежего заряда с целью выявления рациональных значений, обеспечивающих пуск двигателя в минимальный промежуток времени. Варьируемым параметром являлась температура свежего заряда в воз-

душном тракте. Процесс подогрева свежего заряда осуществлялся в впускном коллекторе, непосредственно перед пуском.

При этом в зависимости 1 не учитывается химическая кинетика горения топлива, а именно изменение пусковых характеристик воспламенения рабочей смеси в зависимости от концентрации кислорода в свежем заряде. Результаты экспериментальных исследований выражены зависимостью 2.

Рациональным значением является температура свежего заряда 336 К (при температуре окружающего воздуха 248 К). При температуре свежего заряда ниже 260 К продолжительность пуска значительно увеличивается, так как температура в конце такта сжатия недостаточная для надежного воспламенения (в первые циклы работы).

Техническое решение основывается на установлении зависимости продолжительности пуска дизеля от температуры воздушного заряда во впускном коллекторе перед его пуском. Использование вихревого индукционного подогревателя в обводном канале впускного коллектора позволит повысить его вибрационную устойчивость в условиях движения по пересеченной местности, по сравнению с другими электронагревательными элементами.

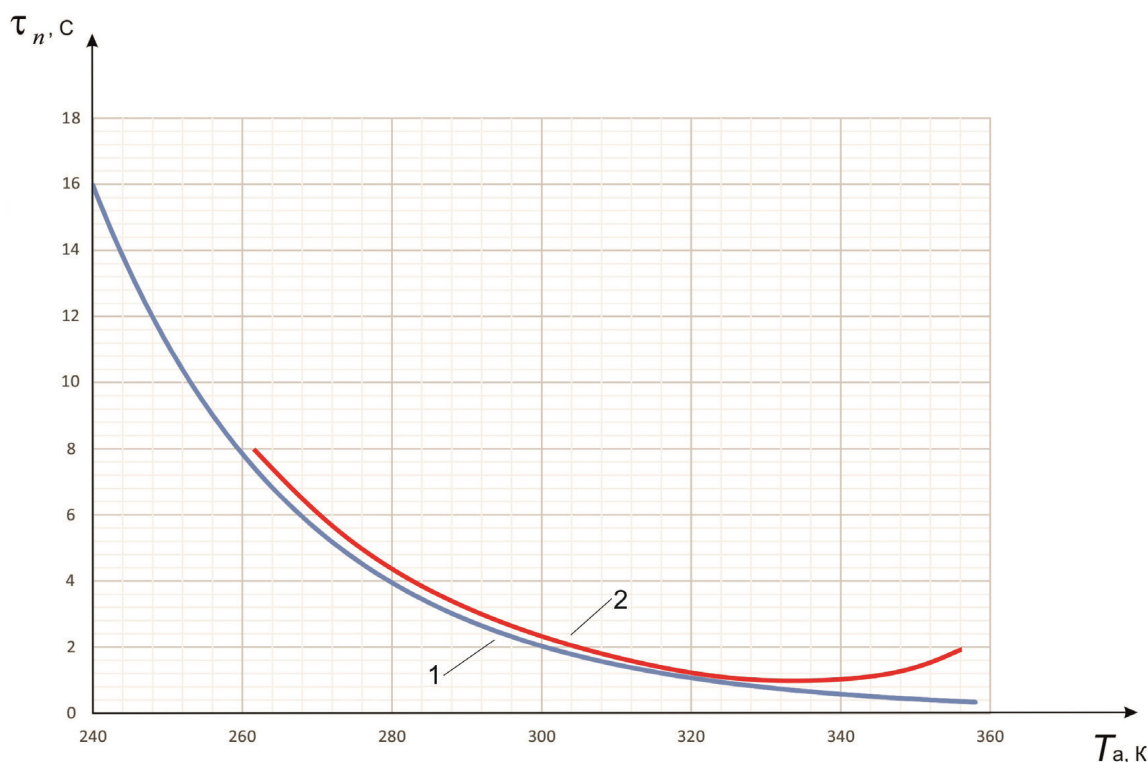


Рисунок 1 – Зависимость продолжительности пуска дизеля от температуры свежего заряда (1 – теоретические расчеты без учета химической кинетики горения топлива, 2 – экспериментальные данные)

Figure 1 – Dependence of the start-up duration of the diesel engine on the fresh charge temperature (1 – theoretical calculations without taking into account the chemical kinetics of fuel combustion, 2 – experimental data)

Проведен анализ средств облегчения пуска дизелей типа В-2 объектов бронетанкового вооружения и военной техники, на основании которого предложен способ сокращения продолжительности пуска в условиях отрицательных температур, заключающийся в дооборудовании дизеля автоматизированным устройством вихревого индукционного подогревателя воздушного заряда [13, 14].

Ввиду ограниченного пространства в моторно-трансмиссионном отделении образца бронетанковой военной техники подогрев воздушного заряда целесообразней проводить с минимальным воздействием свободного объема, чтобы не нарушить целостность бронированного корпуса объекта. Обеспечение автоматизации процесса подогрева воздушного заряда и поддержание температуры в заданных пределах достигается за счет работы электронного блока управления с датчиками температуры [15]. Из-за высокой скорости нагрева исполнительного элемента-сердечника предложен волновой метод подачи тока (импульсный режим) на обмотку индукционного подогревателя, что, в свою очередь, исключит перегрев устройства (низкая теплоемкость рабочего тела – свежего заряда воздуха), уменьшит затраты электроэнергии, сохранив при этом заряд аккумуляторных батарей.

Для приведения в действие вихревого индукционного подогревателя воздушного заряда используется электроэнергия бортовой сети образца военной техники, что отрицательно не скажется на пуске дизеля, так как основной системой пуска дизелей типа В-2 является система воздушного пуска. При этом доля электроэнергии бортовой сети, необходимая на подогрев воздушного заряда, будет незначительной⁶.

Предложение поясняется рисунком 2, где изображено устройство вихревого индукционного подогрева воздушного заряда дизелей типа В-2 в условиях низких температур.

Для облегчения пуска дизелей типа В-2 конструкцией предусмотрен предпусковой подогреватель. В соответствии с инструкцией по эксплуатации объекта подогреватель необходимо использовать при температуре окружающей среды от +5°С и ниже, при этом производится подогрев охлаждающей жидкости, которая в процессе теплообмена (через змеевик основного масляного бака) повышает температуру моторного масла [13].

Конструктивно подогрев воздушного заряда может осуществляться системой экстренного пуска (далее по тексту – ПВВ) с помощью двух электрофакельных горелок 16, пользоваться которыми в повседневной деятельности запрещено, их ресурс строго ограничен. О каждом использовании производится запись в паспорт (формуляр) объекта вооружения и военной техники. Другим способом (то есть в повседневной деятельности) подогрев впускного заряда воздуха не предусмотрен. При этом температура в конце такта сжатия может быть недостаточной для надежного воспламенения рабочей смеси [14].

Предлагаемое устройство вихревого индукционного подогрева воздушного заряда дизелей типа В-2 в условиях низких температур работает следующим образом.

При включении питания электронный блок управления 4 обрабатывает показания датчиков температур 6 и 7, сигнал от генераторной установки 13. Условиями для активации устройства служат: отсутствие сигнала от генераторной установки 13 (дизель не заведен), показания на датчике температуры воздуха 7 (+5°С и ниже), показания на датчике температуры охлаждающей жидкости 6 (на ΔT ниже минимальной температуры для пуска дизеля (время работы предпускового подогревателя намного продолжительнее, чем время, необходимое на подогрев воздушного заряда во впускном коллекторе). При пуске подогревателя в условиях низких температур производится нагрев охлаждающей жидкости, показания считываются датчиком температуры охлаждающей жидкости 6. При достижении температуры охлаждающей жидкости значения

$$T_{\text{пвип}} = T_{\text{мпд}} - \Delta T, \quad (13)$$

где, $T_{\text{пвип}}$ – температура охлаждающей жидкости на датчике 6, соответствующая началу работы вихревого индукционного подогревателя;

$T_{\text{мпд}}$ – минимальная температура, для надежного пуска дизеля (определяется техническими условиями в зависимости от температуры окружающей среды);

ΔT – разница температур, при которой происходит нагрев воздушного заряда вихревым индукционным подогревателем во впускном коллекторе (то есть время, необходимое для подогрева воздушного заряда во впускном коллекторе, соответствующее времени повы-

⁶ Козлов А.А. Регулирование температуры воздушного заряда при пуске дизеля в условиях низких температур. Материалы III межвузовской научно-практической конференции «Основные направления развития системы ремонта в ВС РФ». Омск: ОАБИИ. 2016. С. 88–91.

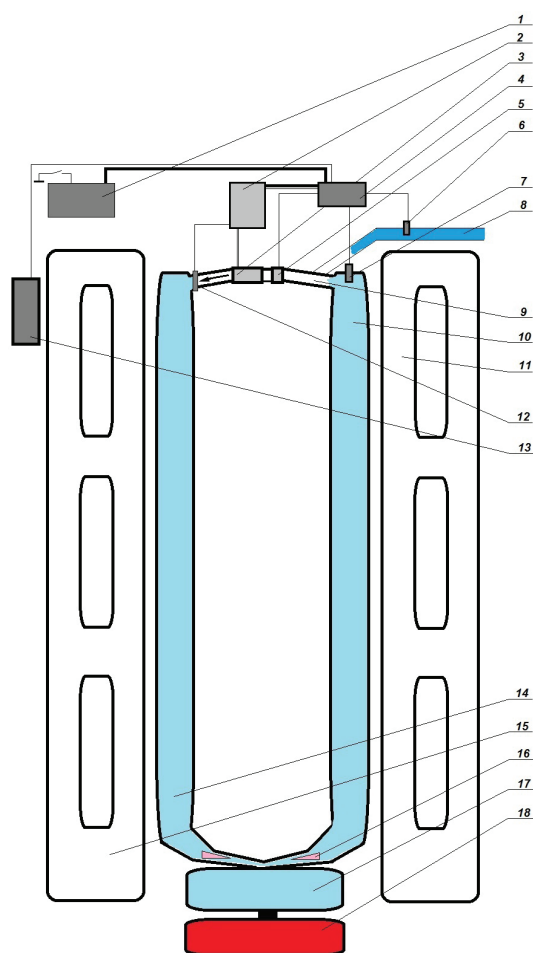


Рисунок 2 – Устройство вихревого индукционного подогрева воздушного заряда дизелей типа В-2 (штатные аккумуляторные батареи 1, блок индуктора 2, вихревая камера с сердечником 3, электронный блок управления 4, электровентилятор 5, датчик температуры охлаждающей жидкости 6, датчик температуры воздуха во впускном коллекторе 7, трубопровод охлаждающей жидкости 8; дополнительный соединительный канал впускных коллекторов 9, правый воздушный коллектор 10, правый полублок двигателя 11, заслонка в дополнительном соединительном канале впускных коллекторов с исполнительным механизмом 12, генераторная установка 13, левый воздушный коллектор 14, левый полублок двигателя 15, топливный ПВВ 16, компрессор 17, турбина 18)

Figure 2 – Vortex induction heating device of the diesel engines' air charge of B-2 type (standard accumulator batteries 1, inductor unit 2, vortex chamber with core 3, electronic control unit 4, electric fan 5, coolant temperature sensor 6, intake manifold temperature sensor 7, coolant line 8, additional connection channel of intake manifolds 9, right air manifold 10, right half block of the engine 11, damper in the additional connecting channel of the intake manifolds with the actuator 12, generator set 13, left air manifold 14, left half-block of the engine 15, PVV fuel 16, compressor 17, turbine 18)

шения температуры охлаждающей жидкости на температуру ΔT , определяется в зависимости от температуры окружающей среды).

Сигнал с электронного блока управления 4 поступает на блок индуктора, где электрический ток преобразуется и направляется в вихревую камеру индукционного подогревателя 3, повышая внутреннюю энергию находящегося в ней сердечника (нагревательного элемента). Параллельно с этим открывается заслонка 12 дополнительного соединительного канала впускных коллекторов 9, включается электровентилятор 5, принудительно подавая в вихревую камеру 3 холодный воздух. Осуществляется циклический подогрев воздушного заряда во впускных коллекторах 10 и 14 полублоков 11 и 15 соответственно. Цикличность подогрева обеспечивается созданием разрежения в зоне соединения дополнительного соединительного канала впускных коллекторов 9 и правого воздушного коллектора 10 полублока 11 за счет работы электровентилятора 5. Направление движения воздуха в процессе подогрева: левый воздушный коллектор 14 полублока 15, зона компрессора 17, правый воздушный коллектор 10 полублока 11, дополнительный соединительный канал впускных коллекторов 9. При достижении необходимой температуры воздушного заряда датчиком 7 подается сигнал на электронный блок управления 4 и система подогрева отключается. При понижении температуры воздуха во впускном коллекторе (до пуска дизеля) на ΔT 1 подогрев возобновляется, поддерживая температуру воздушного заряда в заданных пределах. При достижении температуры охлаждающей жидкости до значения $T_{мгд}$ механик-водитель производит пуск дизеля. После пуска дизеля электронный блок управления считывает сигнал от генераторной установки 13 и деактивирует систему (выключая вихревой индукционный подогреватель, электровентилятор 5 и закрывая заслонку 12 в дополнительном соединительном канале впускных коллекторов 9). Расположение данного устройства в дополнительном канале производилось с целью недопущения создания дополнительного сопротивления во впускных коллекторах на различных режимах работы дизеля, понижения давления наддува, вследствие чего понижения мощностных, экономических и экологических показателей дизеля. При этом датчик температуры воздуха в впускном коллекторе 7 выступает в качестве защитного устройства, автоматически отключающего подогреватель в аварийной ситуации.

Устройство вихревого индукционного подогрева воздушного заряда дизелей типа В-2

характеризуется использованием вихревого индукционного подогревателя, имеющего ряд преимуществ:

- отсутствие открытого горения, что исключает выжигание кислорода, уменьшая его массу в впускном заряде;
- повышенный ресурс работы (отсутствие продуктов горения, закоксованности в впускном коллекторе), относительно штатного ПВВ;
- снижение пожарной опасности (отсутствие топлива, наличие защитного устройства, автоматически отключающего подогреватель в аварийной ситуации);
- возможность регулирования температуры воздушного заряда.

Устройство позволяет осуществить более качественное регулирование процесса воздухообеспечения дизеля за счет вихревого индукционного подогрева воздушного заряда в условиях низких температур [16].

Указанные преимущества свидетельствуют о достижении поставленной задачи – совершенствовании системы воздухообеспечения с целью повышения пусковых качеств дизелей типа В-2 в условиях низких температур и, как следствие, сохранении их ресурса.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлены зависимости влияния температуры свежего заряда на продолжительность пуска дизеля, обоснованы рациональные значения температуры в начале такта сжатия. Данные теоретические аспекты реализованы в техническом решении – автоматизированном устройстве вихревого индукционного подогрева воздушного заряда, – обладающим наибольшими функциональными возможностями (в сравнении с штатными средствами облегчения пуска) по обеспечению адаптации к факторам, обусловленным широким диапазоном температур при эксплуатации дизелей типа В-2 объектов бронетанкового вооружения и военной техники. Цель работы достигнута, результаты данных исследований расширяют знания о процессе пуска дизелей как в общем, так и в более узких областях исследования рабочих процессов, применимо к конструкциям дизелей типа В-2.

Основными направлениями для дальнейшего исследования являются: поиск всесторонних зависимостей влияния негативных факторов на процесс пуска дизелей (с учетом их конструктивных особенностей); выполнение задач оптимизации для последующей реализации выявленных закономерностей с целью повышения пусковых характеристик и

исключения неэффективного использования энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Купершмидт В.Л., Эфрос В.В. Улучшение пуска дизеля Д-37 // *Техника в сельском хозяйстве*. 1967. № 12. С. 16–21.
2. Hamouda L.B., Ayadi M.A. Fuzzy fault tolerant predictive control for a diesel engine air path (Article). Hamouda, L.B., *International Journal of Control, Automation and Systems* Volume 14, Issue 2, 1 April 2016, Institut de Recherche en Systèmes Electroniques Embarqués (IRSEEM), BP 10024, Avenue Galilée, Rouen, France. Pages 443–451.
3. Вырубов Д.Н. Смесеобразование в двигателях дизеля. Сб. Рабочие процессы внутреннего сгорания // *Машгиз*, 1947. С. 5–54.
4. Карташевич А.Н., Кухаренок Г.М., Гордеенко А.В., Разинкевич Д.С. Улучшение пусковых качеств автотракторных дизелей в зимний период эксплуатации. Монография. Минск, 2005. 180 с.
5. Николаев Л.А., Сташкевич А.П., Захаров И.А. Системы подогрева тракторных дизелей при пуске. М.: Машиностроение, 1977. 191 с.
6. Камалтдинов В.Г., Марков В.А. Холодный пуск двигателя. Результаты исследования процессов подачи и распыливания топлива // *Автомобильная промышленность*. 2010. № 9. С. 9–11.
7. Купершмидт В.Л. Улучшение пусковых качеств дизелей // *Тр. НАТИ*. Вып. 200. М.: ОНТИ НАТИ, 1968. С. 15–22.
8. Henien N. Autoignition and combustion in diesel engines under cold starting condition. Final report. US Army research office. Center for automotive research. Contract № DAAL 03-88-K-0016, 1997. 78 p.
9. Mitchell K. The cold performance of diesel engines // *SAE*, 1993. Paper 932768. pp. 678–687.
10. Park J.K. Simulation of starting process of diesel engine under cold condition // *International Journal of Automotive Technology*. 2007. № 3. Vol. 8. pp. 289–298.
11. Shayler J., Leong D., Murphy M. Contributions to engine friction during cold, low-speed running and the dependence on oil viscosity // *SAE Paper* 2005-01-1654, 2005. E 2003, Fall Technical Conference.
12. Энглиш К. Поршневые кольца. М.: Машиностроение. 1962 – 1963. 583 с.
13. Ивасенко В.А. Танк Т-72Б. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Часть 2. Воениздат. Москва. 2001. 320 с.

14. Танк Т-72А. Инструкция по эксплуатации. Книга вторая. Часть 1. Воениздат. Москва, 1989. 508 с.

15. Карноухова И.В. Определение оптимальной температуры воздуха во впускном коллекторе двигателя // Вестник СибАДИ. 2014. № 3 (37). С. 7–12.

16. Лосавио Г.С. Исследование пусковых качеств и пусковых износов дизельного двигателя при низких температурах // Автомобильный транспорт. 1964. № 6. С. 25–27.

REFERENCES

1. Kupersmidt V.L., Ehfrs V.V. Uluchshenie puskа dizelyа D-37 [Improving of the diesel D-37 start-up]. *Tekhnika v sel'skom khozyajstve*, 1967, no 12. pp. 16–21. (in Russian)

2. Hamouda L.B., Ayadi M.A. Fuzzy fault tolerant predictive control for a diesel engine air path(Article). Hamouda, L.B., International Journal of Control, Automation and Systems Volume 14, Issue 2, 1 April 2016, Institut de Recherche en Systèmes Electroniques Embarqués (IRSEEM), BP 10024, Avenue Galilée, Rouen, France. Pages 443–451.

3. Vyubov D.N. Smeseobrazovanie v dvigatelyakh dizelyа. Sb. Rabochie protsessy vnutrennego sgoraniya [Mixture formation in diesel engines]. *Mashgiz*, 1947, pp. 5–54. (in Russian)

4. Kartashevich A.N., Kukharenek G.M., Gordeenko A.V., Razinkevich D.S. *Uluchshenie puskovykh kachestv avtotraktornykh dizelej v zimnij period ehkspluatatsii* [Improvement of starting qualities of autotractor diesel engines in winter operation]. Minsk, 2005. 180 p. (in Russian)

5. Nikolaev L.A., Stashkevich A.P., Zakharov I.A. *Sistemy podogreva traktornykh dizelej pri puske* [Systems of heating of tractor diesel engines at start-up]. Moscow, Mashinostroenie, 1977. 191p. (in Russian)

6. Kamaltdinov V.G., Markov V.A. Kholodnyy pusk dvigatelyа. Rezul'taty issledovaniya protsessov podachi i raspylivaniya topliva [Cold start of the engine. Results of the investigation of fuel supply and spraying processes]. *Avtomobil'naya promyshlennost'*, 2010, no 9, pp. 9–11. (in Russian)

7. Kupersmidt V.L. Uluchshenie puskovykh kachestv dizelej [Improvement of the start-up diesel engines]. *Tr. NATI*, Vyp. 200, Moscow, ONTI NATI, 1968. pp. 15–22. (in Russian)

8. Henien N. Autoignition and combustion in diesel engines under cold starting condition. Final report. US Army research office. Center for automotive research. Contract № DAAL 03-88-K-0016, 1997. 78 p.

9. Mitchell K. The cold performance of diesel engines // SAE, 1993. Paper 932768. pp. 678–687.

10. Park J.K. Simulation of starting process of diesel engine under cold condition // International Journal of Automotive Technology. 2007. № 3. Vol. 8. pp. 289–298.

11. Shayler J., Leong D., Murphy M. Contributions to engine friction during cold, low-speed running and the dependence on oil viscosity // SAE Paper 2005-01-1654, 2005. E 2003, Fall Technical Conference.

12. EHnglish K. *Porshnevye kol'tsa* [Piston rings]. Moscow, Mashinostroenie. 1962–1963. 583 p. (in Russian)

13. Ivasenko V.A. *Tank T-72B. Tekhnicheskoe opisaniye i instruktsiya po ehkspluatatsii. CHast' 2. Voениzdat* [Technical description and instruction manual]. Moscow. 2001. 320 p. (in Russian)

14. *Tank T-72A. Instruktsiya po ehkspluatatsii. Kniga vtoraya. CHast' 1. Voениzdat* [Tank T-72A. User's manual]. Moscow, 1989. 508 p. (in Russian)

15. Karnoukhova I.V. Opredeleniye optimal'noy temperatury vozdukha vo vpusknom kollektore dvigatelyа [Determination of the optimum air temperature in the intake engine manifold]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 3 (37), pp. 7–12. (in Russian)

16. Losavio G.S. Issledovanie puskovykh kachestv i puskovykh iznosov dizel'nogo dvigatelyа pri nizkikh temperaturakh [Research of starting qualities and start-up wear of the diesel engine at low temperatures]. *Avtomobil'nyy transport*, 1964, no 6. pp. 25–27. (in Russian)

Поступила 20.03.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Козлов Андрей Александрович (Россия, г. Омск) – адъюнкт филиала Военной академии материально-технического обеспечения, ORCID ID 0000-0002-9908-9820 (644098 г. Омск, 14 в/г e-mail: extraskyline@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kozlov Andrey Aleksandrovich (Russia, Omsk)– Postgraduate of the Branch of the Military Academy of Material and Technical Support, ORCID ID 0000-0002-9908-9820 (644098, Omsk, 14 v/g, e-mail: extraskyline@mail.ru).

УПРАВЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ ГОРОДСКИХ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ ВЫБОРА ПАССАЖИРАМИ СПОСОБА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

М.Е. Корягин, Е.Г. Тимофеева

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»,
г. Новосибирск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье исследуется проблема управления городским пассажирским транспортом. Участниками транспортной системы являются муниципальные органы власти и пассажиры. Муниципальные органы власти должны оптимизировать ширину проезжей части дороги и частоту движения общественного транспорта. Проезжая часть состоит из двух частей: выделенная полоса для общественного транспорта и полоса для движения личного автотранспорта. Время передвижения на личном автотранспорте зависит от количества полос и выбора пассажирами способа передвижения. Цель пассажиров: минимизировать стоимость передвижения, включающую стоимость времени пассажира. Пассажиры находят оптимальное соотношение между общественным и личным транспортом.

Методы и материалы. Математическая модель выбора способа передвижения построена на основе экспоненциального распределения стоимости пассажиро-часа. Время передвижения на личном транспорте описывается BPR-моделью. Конфликт между муниципальными органами власти и пассажирами описывается с помощью теоретико-игровой модели.

Результаты. Доказано существование равновесия Нэша для данной модели. Численный пример показывает влияние стоимости времени пассажира и интенсивности пассажиропотока на равновесные ширину проезжей части дороги и частоту движения общественного транспорта.

Обсуждение и заключение. Представленная модель позволяет оптимизировать пропускную способность сети дорог в условиях выделенных полос для общественного транспорта и выбора пассажирами способа передвижения. Дальнейшие исследования будут направлены на управление количеством парковочных мест. Также поставлена задача обобщения модели на маршрутную сеть городского пассажирского транспорта и множество перегонов и перекрестков, описывающих дороги реального города.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: городская транспортная система, выделенные полосы, общественный транспорт, личный автомобильный транспорт, пропускная способность, пассажиро-час, зазоры, BPR-модель, теория принятия решений, теория игр, равновесие Нэша.

© М.Е. Корягин, Е.Г. Тимофеева



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

CAPACITY PLANNING OF URBAN ROADS IN CONDITION OF PASSENGERS' TRAVEL MODE CHOICE

M.E. Koryagin, E.G. Timofeeva

Siberian State University of Railway Engineering
Novosibirsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. The authors conduct the research of the urban passenger transportation problem. Municipal authorities and passengers are regarded as participants of the passenger transportation system. Moreover, the municipal authorities have to optimize road width and public transport frequency. The road consists of a bus lane and lanes for personal vehicles. The vehicle travel time depends on the number of road lanes and passengers' choice of the travel mode. The passengers' goal is to minimize total travel costs, including time value. Therefore, the passengers try to find the optimal ratio between public transport and cars.

Materials and methods. The mathematical model for choosing the mode of transportation is based on the exponential distribution of the passenger cost. Time of movement on personal transport is described by the BPR model. The conflict between municipal authorities and the passengers is described as a theoretic model.

Results. The existence of Nash equilibrium in the model is proved. In addition, the numerical example shows the influence of time value and intensity of passenger flow on the equilibrium of the road width and of public transport frequency.

Discussion and conclusions. The presented model allows optimizing the capacity of the road network in conditions of allocated lanes for public transport and the choice of transportation for passengers. Further research would be aimed at managing the number of parking spaces. The task is also to generalize the model of the urban passenger transport network, directions and intersections, which describe the real city roads.

KEYWORDS: urban transport system, lanes, public transport, personal road transport, bandwidth, passenger traffic, traffic congestion, BPR model, decision theory, game theory, Nash equilibrium.

© M.E. Koryagin, E.G. Timofeeva



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время развивающиеся страны сталкиваются с рядом проблем, среди которых особенно остро стоит проблема трансформации городских транспортных систем. Движение становится все более насыщенным, но при этом инфраструктура развивается не так быстро.

Сравнительно недавно у большей части населения не было возможности использовать личные автомобили из-за низкого дохода. Постепенно ситуация изменилась. Рост доходов граждан позволил большому количеству людей владеть личным транспортом. Постоянный рост парка автомобилей уже привел к снижению пассажиропотока общественного транспорта [1]. Таким образом, увеличение времени передвижения, рост расходов на эксплуатацию транспорта, снижение пассажиропотока и физически устаревшие транспортные средства ставят под вопрос само существование общественного транспорта.

Муниципальные органы власти должны решить, как развивать общественный транспорт и транспортную инфраструктуру. Данные проблемы не имеют простых решений. Выбор способа и маршрута передвижения пассажиров могут привести к непредсказуемым результатам. Широко известный парадокс Брасса [2] утверждает, что добавление дополнительных мощностей в сеть, при условии, чтодвигающиеся по сети сущности сами выбирают свой маршрут, может снизить общую производительность. Парадокс Даунса-Томсона [3] показывает, что увеличение пропускной способности дороги может увеличить пробки на дорогах. Улучшение пропускной способности дороги приводит к тому, что на нее начинают

выезжать водители, которые ранее старались пользоваться дорогой вне пиковых часов, при этом отток пассажиров с общественного транспорта уменьшает прибыль его операторов и вынуждает их к увеличению интервалов, поэтому частота движения общественного транспорта будет снижаться, а пробок будет больше, чем раньше.

Иногда муниципальные власти принимают решения, которые только усугубляют ситуацию. Тем не менее во многих городах предпринимаются попытки улучшить обслуживание общественного транспорта, например путем выделения полос движения для автобусов [1].

Данная статья посвящена математическому моделированию распределения пассажиропотоков, в условиях принятия решений муниципальными органами власти. Это достаточно сложная задача, решаемая на основе теории игр, в которой выделяется два участника: муниципальные органы власти и пассажиры.

Интерес ученых и специалистов в области транспорта к теории игр в последнее время значительно возрастает [4,5,6]. Многие авторы научных публикаций рассматривают конкуренцию между транспортными операторами [4,7,8,9] или между транспортным оператором и муниципалитетом [4]. В работе [7] представлены такие участники, как «потенциальные пассажиры», «транспортные операторы» и «государственные органы власти», но постановка задачи представляется как неигровая модель. Городская транспортная система в [8] описывается как коалиционная игра между набором частных компаний (которые меняют частоту движения) и набором пассажирских потоков (которые делают выбор способа пере-

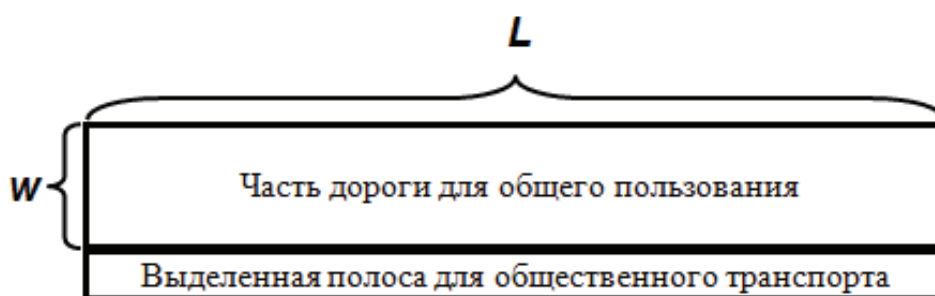


Рисунок 1 – Модель перегона

Figure 1 – Roadwidth model

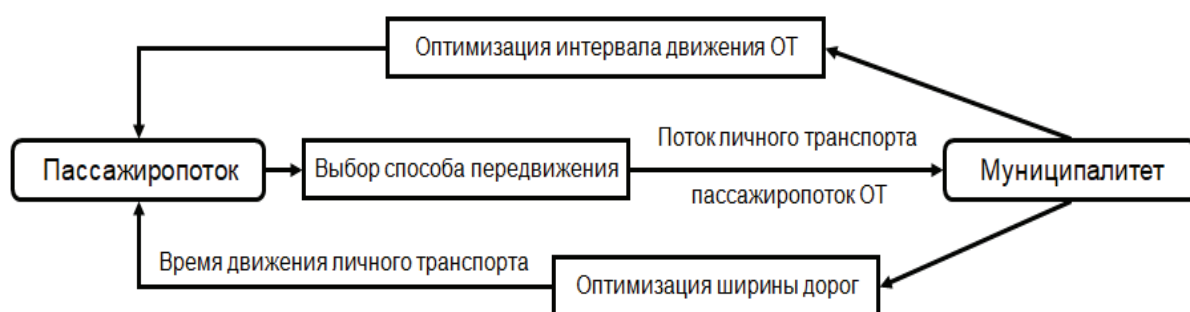


Рисунок 2 – Система управления транспортом во время пикового периода

Figure 2 – Transportation management system during rush hour

движения). Конкуренция между операторами с оптимизацией пропускной способности дороги, тарифов и частотой движения общественного транспорта исследуется в [9].

Особенностью нашей статьи является построение модели конфликта между муниципальными органами власти и пассажирами с учетом заторов на дорогах. Для построения модели дорожной пробки используется известная формула Bureau of Public Roads (BPR) [10,11,12].

Модель движения транспорта зависит от структуры проезжей части дороги. На рисунке 1 она состоит из двух частей: выделенной автобусной полосы (только для общественного транспорта) и полосы для личных автомобилей. В этом случае общественный транспорт имеет приоритет и его время следования по рейсу уменьшается. В [13] исследуется вопрос оптимизации использования городской территории для транспортной инфраструктуры в условиях выбора пассажирами способа передвижения. В [14, 15] разработаны имитационные модели для изучения нескольких сценариев выделенных полос и схем приоритета общественного транспорта, чтобы обеспечить желаемый уровень обслуживания с минимальным воздействием на остальную часть движения. Дорожная структура такого вида (см. рисунок 1) распространяется по всему миру. Например, современная Bus Rapid Transit (скоростные автобусные перевозки) более дешевая, чем метро система организации перевозок пассажиров (при этом используются отдельные линии для движения автобусов) [1].

Оптимизация частоты движения общественного транспорта также рассматривается во многих работах [15,16,17]. В статье [16] построена микроэкономическая модель работы автобусного коридора, которая сводит к

минимуму общую стоимость (пользователей и оператора) и имеет пять переменных решения: частоту движения, мощность транспортных средств, расстояние между станциями, систему оплаты проезда и скорость движения. В [17] аналитически усовершенствована модель Дженсона, в том числе учтены влияние размера транспортного средства на эксплуатационные расходы и плотности транспортного потока на величину времени передвижения.

В настоящей статье мы пытаемся оптимизировать как частоту движения общественного транспорта (ОТ), так и ширину проезжей части дороги для личных автомобилей.

Автомобильные заторы зависят от интенсивности движения, которая максимальна в часы пик. Таким образом, пропускная способность дороги должна быть оптимизирована именно для этого периода.

Схема, изображенная на рисунке 2, описывает систему управления транспортом в течение пикового периода. Муниципальные власти оптимизируют ширину дороги для общественного транспорта и его частоту движения (или интервал), которая зависит от выбора пассажирами способа передвижения. Таким образом, муниципалитет определяет время движения на личном и на общественном транспорте. Эта информация необходима для принятия решений пассажирами. Далее информация о выборе способа передвижения пассажиров переходит к муниципальным властям.

Модель транспортной системы состоит из следующих параметров:

t_t – среднее время передвижения на общественном транспорте (исключая время ожидания);

t_w – среднее время ожидания общественного транспорта;

t_c – среднее время в пути на личном транспорте (поход к месту стоянки автомобиля от места возникновения потребности в перемещении, парковка автомобиля, перемещение от места парковки автомобиля до места назначения поездки). Время передвижения на автомобиле не включено, так как оно зависит от скорости автомобиля;

t – среднее время передвижения по дороге общего пользования;

c_f – тариф на общественном транспорте;

c_c – финансовые затраты при передвижении на автомобиле ($c_c > c_f$);

γ – средняя стоимость пассажира-часа;

p – вероятность выбора автомобиля для перемещения;

λ – интенсивность пассажиропотока.

Модели выбора способа передвижения пассажирами зависят от множества параметров. Для таких моделей обычно используются логит и пробит-распределения [18]. Логит-модели представляют решения, принятые пассажирами в соответствии с данными опроса, но они не описывают целевую функцию пассажиров. Для построения целевой функции в нашем исследовании используется модель из статьи [8].

Представленная в [8] модель описывает решение пассажиров в зависимости от их стоимости времени, которое имеет экспоненциальное распределение со средним значением γ . Пассажиры с низким доходом (менее γ') предпочитают общественный транспорт, но те, у кого высокий доход (более γ'), используют личные автомобили. Подобный подход используется в [9, 19], где стоимость времени пассажиров имеет равномерное распределение.

Среднюю стоимость времени пассажиров, использующих общественный транспорт (математическое ожидание при условии, что значение времени меньше γ'), можно выразить следующим образом:

$$\frac{\int_0^{\gamma'} \frac{x}{\gamma} \exp\left\{-\frac{x}{\gamma}\right\} dx}{\int_0^{\gamma'} \frac{1}{\gamma} \exp\left\{-\frac{x}{\gamma}\right\} dx} = \frac{\left[\gamma - \gamma' \exp\left\{-\frac{\gamma'}{\gamma}\right\} - \gamma \exp\left\{-\frac{\gamma'}{\gamma}\right\}\right]}{1 - \exp\left\{-\frac{\gamma'}{\gamma}\right\}}. \quad (1)$$

Вероятность p использования личного автомобиля для перемещения, связана с γ' соотношением: $\gamma' = -\gamma \ln(p)$, поэтому средняя стоимость пассажира-часа для людей, пользующихся общественным транспортом равна

$$\frac{[\gamma + \gamma p \ln(p) - \gamma p]}{1 - p}. \quad (2)$$

Учитывая, что $t_w + t_t$ – общее время передвижения на общественном транспорте, получим, что затраты времени передвижения на общественном транспорте, выраженные в финансовой форме, имеют вид

$$\frac{[\gamma + \gamma p \ln(p) - \gamma p]}{1 - p} (t_w + t_t). \quad (3)$$

Аналогично, затраты при передвижении на личном автотранспорте составят

$$[\gamma - \gamma \ln(p)] \left(t_c + \frac{L}{v} \right). \quad (4)$$

Таким образом, средние общие расходы пассажира на поездку равны

$$G_0(t_w, p, v) = [\gamma + \lambda p h(p) - \lambda p](t_w + t_t) + c_f(1 - p) + [\lambda p - \lambda p h(p)]\left(t_c + \frac{L}{v}\right) + c_c p \rightarrow \min. \quad (5)$$

Формула (5) включает в себя полные транспортные расходы на общественном транспорте (временные затраты (3) и тариф c_f), которые принимаются с вероятностью $1 - p$, и полные транспортные расходы на личном автотранспорте (временные затраты (4) и расходы на проезд в автомобиле), которые принимаются с вероятностью p .

Так как вторая производная функции (5) по переменной p больше нуля, то $G_0(t_w, p, v)$ выпуклая вниз по параметру p функция. Также данная модель требует выполнения условия (что ограничивает область ее применения): передвижение на автомобиле меньше времени, чем на общественном транспорте (иначе условие (6) не будет выполняться).

$$G_0''(t_w, p, v) = \frac{\gamma}{p} \left[t_w + t_t - t_c - \frac{L}{v} \right] \geq 0. \quad (6)$$

Также мы должны учитывать, что при передвижении на личном автомобиле требуется меньше времени, чем на общественном транспорте.

Этот вывод обеспечивает существование и единственность решения задачи (5). Решение, принятое пассажирами, зависит от интервала движения общественного транспорта и скорости личного автомобиля. Решение (5) определяет интенсивность движения автомобиля λp и количество пассажиров в общественном транспорте $\lambda(1 - p)$.

Оптимизация ширины проезжей части дороги и частоты движения общественного транспорта зависит от интенсивности движения личного транспорта и количества пассажиров в общественном транспорте, что в свою очередь определяется решением пассажиров (5).

Прежде всего, ширина дороги (которая связана с пропускной способностью) должна быть оптимизирована, поскольку пропускная способность дороги влияет на скорость. Основная модель BPR [10] определяет время передвижения

$$t = t_0 \left(1 + \beta \frac{\lambda p}{\lambda_0 w} \right)^\alpha, \quad (7)$$

где t_0 – время передвижения по свободной дороге, λ_0 – пропускная способность единицы ширины дороги, w – средняя ширина дороги общего пользования, α и β – параметры, рассчитываемые для каждого транспортного объекта (как правило на основе наблюдений).

Выразим ширину дороги w через время передвижения t (нам удобнее использовать время передвижения в качестве переменной)

$$w = \frac{\lambda p (\beta)^\alpha}{\lambda_0 \left[\left(\frac{t}{t_0} \right)^\alpha - 1 \right]}. \quad (8)$$

Несложно доказать выпуклость вниз (7) по переменной t – вторая производная больше нуля (учитывая, что $t_0 \geq t$)

$$\frac{\alpha \lambda p (t_0)^\alpha (t)^\alpha (\beta)^\alpha}{\lambda_0 \left((t)^\alpha - (t_0)^\alpha \right)^3} \left[\frac{1}{\alpha} (t)^\alpha + (t)^\alpha - (t_0)^\alpha + \frac{1}{\alpha} (t_0)^\alpha \right] > 0. \quad (9)$$

Введем дополнительные параметры:

c_r – расходы на расширение проезжей части (увеличение ширины);

d_t – городской экологический ущерб и расходы на общественный транспорт (за рейс);

d_c – городской экологический ущерб и расходы на личный автомобиль (за поездку).

Количество поездок в общественном транспорте зависит от интервала движения. Специальная полоса гарантирует, что трафик общественного транспорта является детерминированным потоком. Обозначим интервал между автобусами $2t_w$. Таким образом, частота движения равна $\frac{1}{2t_w}$.

Целевая функция муниципальных властей заключается в сокращении потерь времени для пассажиров (3), ограничении расходов на инфраструктуру (8) и на обслуживание транспорта:

$$F_0(t_w, p, v) = \lambda [\gamma + \gamma p \ln(p) - \gamma p] (t_w + t_t) + \lambda [\gamma p - \gamma p \ln(p)] \left(t_c + \frac{L}{v} \right) +$$

$$+ \frac{c_r \lambda p (\beta)^{\frac{1}{\alpha}}}{\lambda_0 \left(\left(\frac{t}{t_0} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right)} + \frac{d_t}{2t_w} + d_c \lambda p \rightarrow \min. \quad (10)$$

Несложно доказать, что (10) выпуклая вниз функция по переменным t_w и v , т.к. данные переменные входят в разные слагаемые.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Решение муниципальных властей зависит от решений пассажиров. Также пассажиры используют решение муниципалитета (интервал общественного транспорта и скорость автомобиля) для принятия собственных решений. Взаимодействие между принятием решений пассажирами и полномочиями властей приводит к следующей математической постановке задачи.

$$\begin{cases} G_0(t_w, p, v) \rightarrow \min_p \\ F_0(t_w, p, v) \rightarrow \min_{t_w, v} \end{cases} \quad (11)$$

Для доказательства существования равновесия используем теорему Нэша [20]. Рассмотрим основные условия теоремы.

Во-первых, набор стратегий является компактным и выпуклым: $p \in [0, 1]$, $t \in [t_0, \overline{t_w} + t_t - t_c]$ и $t_w \in [0, \overline{t_w}]$, где $\overline{t_w}$ – максимальный интервал для общественного транспорта в течение пикового периода (как минимум 1 рейс должен быть выполнен в час пик).

Во-вторых, целевые функции вознаграждения участников являются выпуклыми функциями вверх по их собственным стратегиям и непрерывным функциям по стратегиям каждого участника. Эти условия были доказаны выше (использовались функции «потерь» (функции «выигрыша» с минусом), выпуклые вниз).

Конкретные данные значительно отличаются для разных стран, городов и отдельных маршрутов. Таким образом, численные показатели демонстрируют только влияние параметров на решение. Решение задачи на пиковый период рассматривается на рисунке 3. Переменные муниципальных властей – это ширина проезжей части дороги для личных автомобилей и частота движения общественного транспорта (обратная величина времени ожидания).

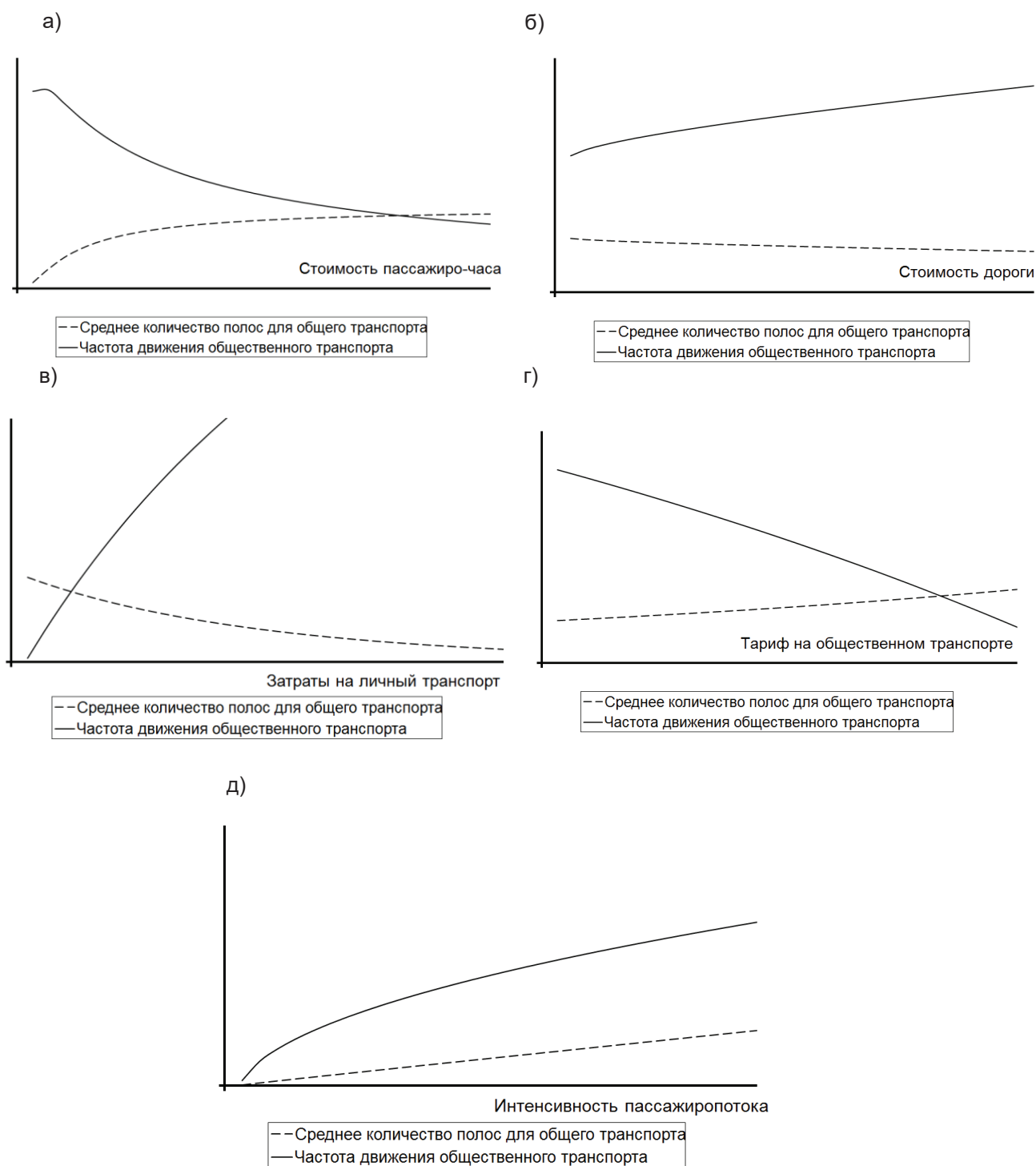


Рисунок 3 – Влияние параметров моделей на равновесную частоту движения общественного транспорта и ширины дороги относительно:
а) стоимости времени; б) расходов на строительство дорог;
в) стоимости владения автомобилем;
г) тарифов на общественный транспорт;
д) интенсивности пассажиропотока.

Figure 3 – Influence of model parameters on the equilibrium frequency of public transport and on the width of the road:
а) time cost; б) road construction cost;
в) the cost of car ownership;
д) public transport tariffs;
е) passenger traffic intensity

ПАРАМЕТРЫ ЧИСЛЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Средняя длина дороги 10 км; свободная скорость движения 40 км/час, время передвижения на общественном транспорте 0,5 ч; стоимость передвижения на личном автомобиле 60 руб.; тариф на общественном транспорте 16 руб., интенсивность пассажиропотока 10 000 человек в час; стоимость строительства и эксплуатации дороги 3 руб. на единицу пропускной способности; параметры BP- модели 4 и 0,15; средняя стоимость времени пассажира 200 руб. в ч; затраты на 1 рейс общественного транспорта 500 руб.

В каждом из графиков один из параметров варьируется в указанных пределах:

- стоимость времени варьируется от 40 до 1 000 руб./час;
- стоимость строительства дорог от 1 до 25 руб.;
- тариф на общественном транспорте от 0 до 50 руб.;
- затраты на поездку на автомобиле от 20 до 200 руб.;
- интенсивность пассажиропотока от 100 до 10 000 пассажиров в час.

Рисунок 3,а показывает, что увеличение стоимости времени пассажиров требует увеличения пропускной способности дорог. На рисунке 3, б показано, что увеличение расходов на строительство дорог (на единицу площади) способствует увеличению частоты движения общественного транспорта (муниципальные власти стимулируют пассажиров использовать общественный транспорт). На рисунке 3, в демонстрируется, что увеличение расходов на владение личным автомобилем приводит к увеличению частоты движения общественного транспорта и уменьшению расходов на инфраструктуру. Рисунок 3, г указывает на то, что рост тарифов приведет к уменьшению частоты движения общественного транспорта. Из рисунка 3,д можно сделать вывод, что рост интенсивности пассажиропотока приводит к увеличению частоты движения общественного транспорта и необходимости увеличения пропускной способности дорог.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Глобальные социально-экономические изменения в развивающихся странах приводят к транспортным проблемам, связанным с воз-

можностью выбора гражданами способа передвижения (переход на личный автотранспорт). В настоящее время уровень автомобилизации в развивающихся странах растет, поэтому выбор пассажира становится очень чувствительным к уровню жизни и времени передвижения на каждом виде транспорта. Муниципальные органы власти должны сократить время в пути ради стабильного развития городов, поэтому следует использовать выделенные полосы движения. Для решения этой проблемы муниципалитеты могут использовать два параметра: ширину дороги и частоту движения общественного транспорта.

Взаимное влияние таких параметров, как ширина дороги, частота движения общественного транспорта, время в пути, заторы, выбор способа передвижения и др. приводит к тому, что задачу нельзя решить на основе одного критерия для города реального размера.

В настоящей работе предлагается декомпозиция модели. Используются два участника: пассажиры и муниципальные органы власти. В этом случае решением задачи является равновесие Нэша. Основным результатом работы будет доказательство существования равновесия Нэша для представленных моделей.

В дальнейшем планируется разработка модели для решения проблем движения в городах реального размера. Участниками такой модели станут перегоны, маршруты общественного транспорта и потоки пассажиров. Существование равновесия Нэша позволяет строить быстрые алгоритмы для решения проблемы городов в развивающихся странах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wright L., Hook W. Bus Rapid Transit Planning Guide. New York: Institute for Transportation and Development Policy. 2007. [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://go.itdp.org/display/live/Bus+Rapid+Transit+Planning+Guide+in+English> (дата обращения 23.01.2018).
2. Braess D., Nagurney A., Wakolbinger T. On a paradox of traffic planning // Transportation science. 2005. Т. 39. №. 4. pp. 446-450. DOI:10.1287/trsc.1050.0127
3. Downs A. The Law of peak-hour expressway congestion // Traffic Quarterly. 1962. Т. 16. № 6. pp. 393-409. URL: <http://worldcat.org/issn/00410713>
4. Škrinjar J.P., Abramović B., Brnjac N. The use of game theory in urban transport planning //

Technical Gazette. 2015. T. 22. №. 6. pp. 1617-1621. DOI:10.17559/TV-20140108101820

5. Cortés-Berruero L. E., Gershenson C., Stephens C. R. Traffic games: modeling freeway traffic with game theory // PLoS one. 2016. T. 11. №. 11. C. e0165381. DOI:doi.org/10.1371/journal.pone.0165381

6. Wu C., Pei Y., Gao J. Evolution game model of travel mode choice in metropolitan // Discrete Dynamics in Nature and Society. 2015. T. 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.1155/2015/638972

7. Evans A.A. A theoretical comparison of competition with other economic regimes for bus services // Journal of Transport Economics and Policy. 1987. T. 21. № 1. pp. 7-36. URL: https://www.jstor.org/stable/20052800

8. Koryagin M.E. Competition of public transport flows // Automation and Remote Control. 2008. Vol. 69. No 8. pp. 1380-1389. DOI: https://doi.org/10.1134/S0005117908080109

9. Dodgson J.S., Katsoulacos Y. Quality competition in bus services. // Journal of Transport Economics and Policy. 1988. T. 22. № 3. pp. 263-281. URL: https://www.jstor.org/stable/20052854

10. Patriksson M. The traffic assignment problem: models and methods. Courier Dover Publications, 2015. 240 p.

11. Dafermos S.C., Sparrow F.T. The traffic assignment problem for a general network // Journal. of Research of the National Bureau of Standard. 1969. T. 73B. pp. 91-118. URL: https://archive.org/details/jresv73Bn2p91

Cao Y., Zuo Z.Y., Yang Z.Z. Regional differential parking pricing strategy based on metro park-and-ride // JIAOTONG YUNSHU XITONG GONGCHENG YU XINXI. 2017. T. 17. №. 3. pp. 12-18.

12. Koryagin M. Urban Planning: a Game Theory Application for the Travel Demand Management // Periodica Polytechnica Transportation Engineering. 2018. Vol. 46. No 4. pp. 171-178. DOI: https://doi.org/10.3311/PPtr.9410

13. Ben-Dor G., Ben-Elia E., Benenson I. Assessing the Impacts of Dedicated Bus Lanes on Urban Traffic Congestion and Modal Split with an Agent-Based Model // Procedia computer science. 2018. T. 130. pp. 824-829. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.071

14. Papageorgiou G., Ioannou P.A., Pitsilides A., Ahamis T., Maimaris A. Development and Evaluation of Bus Priority Scenarios Via Microscopic Simulation Models // IFAC Proceedings Volumes. 2009. T. 42. № 15. pp. 434-

441. DOI: https://doi.org/10.3182/20090902-3-US-2007.0098

15. Tirachini A. and Hensher D.A. Bus congestion, optimal infrastructure investment and the choice of a fare collection system in dedicated bus corridors // Transportation Research Part B: Methodological. 2011. T. 45. № 5. pp. 828-844. DOI:https://doi.org/10.1016/j.trb.2011.02.006

16. Jara-Díaz S., Gschwender A. Towards a general microeconomic model for the operation of public transport // Transport Reviews. 2003. T. 23. № 4. pp. 453-469. DOI: doi.org/10.1080/0144164032000048922

17. Horowitz J.L., Koppelman F.S., Lerman, S.R. A Self-Instructing Course in Disaggregate Mode Choice Modeling. Technology Sharing Program. Washington: U. S. Department of Transportation. 1986. 190 p.

18. Koryagin M.E. Game theory approach to optimizing of public transport traffic under conditions of travel mode choice by passengers // Transport Problems. 2014. Vol. 9. No 3. pp. 117-124. URL: http://transportproblems.polsl.pl/pl/Archiwum/2014/zeszyt3/2014t9z3_13.pdf

19. Glicksberg I.L. A Further Generalization of the Kakutani Fixed Point Theorem, with Application to Nash Equilibrium // Proceedings of the American Mathematical Society. 1952. T. 3. № 1. pp. 170-174. DOI: 10.2307/2032478

REFERENCES

1. Wright L., Hook W. Bus Rapid Transit Planning Guide. New York: Institute for Transportation and Development Policy. 2007. Available at: https://go.itdp.org/display/live/Bus+Rapid+Transit+Planning+Guide+in+English (Assessed at 23.09.2018).

2. Braess D., Nagurney A., Wakolbinger T. On a paradox of traffic planning // Transportation science. 2005. Vol. 39. no 4. pp. 446-450. DOI: 10.1287/trsc.1050.0127

3. Downs, A. The Law of peak-hour expressway congestion // Traffic Quarterly. 1962. Vol. 16. no 6. pp. 393-409. URL: http://worldcat.org/issn/00410713

4. Škrinjar J.P., Abramović B., Brnjac N. The use of game theory in urban transport planning // Technical Gazette. 2015. Vol. 22. no 6. pp. 1617-1621. DOI: 10.17559/TV-20140108101820

5. Cortés-Berruero L.E., Gershenson C., Stephens C.R. Traffic games: modeling freeway traffic with game theory // PLoS one. 2016. Vol. 11. no 11. pp. e0165381. DOI: doi.org/10.1371/journal.pone.0165381

6. Wu C., Pei Y., Gao J. Evolution game model of travel mode choice in metropolitan // *Discrete Dynamics in Nature and Society*. 2015. Vol. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/638972>

7. Evans A.A theoretical comparison of competition with other economic regimes for bus services // *Journal of Transport Economics and Policy*. 1987. Vol. 21. no 1. pp. 7-36. URL: <https://www.jstor.org/stable/20052800>

8. Koryagin M.E. Competition of public transport flows // *Automation and Remote Control*. 2008. Vol. 69. no 8. pp. 1380-1389. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0005117908080109>

9. Dodgson J.S., Katsoulacos Y. Quality competition in bus services. // *Journal of Transport Economics and Policy*. 1988. Vol. 22. no 3. pp. 263–281. URL: <https://www.jstor.org/stable/20052854>

10. Patriksson M. The traffic assignment problem: models and methods. Courier Dover Publications, 2015. 240 p.

11. Dafermos S.C., Sparrow F.T. The traffic assignment problem for a general network // *Journal of Research of the National Bureau of Standard*. 1969. Vol. 73B. pp. 91–118. URL: <https://archive.org/details/jresv73Bn2p91>

12. Cao Y., Zuo Z.Y., Yang Z.Z. Regional differential parking pricing strategy based on metro park-and-ride // *JIAOTONG YUNSHU XITONG GONGCHENG YU XINXI*. 2017. Vol. 17. no 3. pp. 12–18.

13. Koryagin M. Urban Planning: a Game Theory Application for the Travel Demand Management // *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 2018. Vol. 46. no 4. pp. 171–178. DOI: <https://doi.org/10.3311/PPtr.9410>

14. Ben-Dor G., Ben-Elia E., Benenson I. Assessing the Impacts of Dedicated Bus Lanes on Urban Traffic Congestion and Modal Split with an Agent-Based Model // *Procedia computer science*. 2018. Vol. 130. pp. 824–829. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.071>

15. Papageorgiou G., Ioannou P.A., Pitsilides A., Aphamias T., Maimaris A. Development and Evaluation of Bus Priority Scenarios Via Microscopic Simulation Models // *IFAC Proceedings Volumes*. 2009. Vol. 42. no 15. pp. 434–441. DOI: <https://doi.org/10.3182/20090902-3-US-2007.0098>

16. Tirachini A. and Hensher D.A. Bus congestion, optimal infrastructure investment and the choice of a fare collection system in dedicated bus corridors // *Transportation Research Part B: Methodological*. 2011. Vol. 45. no 5. pp. 828–844. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2011.02.006>

17. Jara-Díaz S., Gschwender A. Towards a general microeconomic model for the operation of public transport // *Transport Reviews*. 2003. Vol. 23. no 4. pp. 453–469. DOI: [doi: 10.1080/0144164032000048922](https://doi.org/10.1080/0144164032000048922)

18. Horowitz J.L., Koppelman F.S., Lerman, S.R. A Self-Instructing Course in Disaggregate Mode Choice Modeling. Technology Sharing Program. Washington: U. S. Department of Transportation. 1986. 190 p.

19. Koryagin M.E. Game theory approach to optimizing of public transport traffic under conditions of travel mode choice by passengers // *Transport Problems*. 2014. Vol. 9. no 3. pp. 117–124. URL: http://transportproblems.polsl.pl/pl/Archiwum/2014/zeszyt3/2014t9z3_13.pdf

20. Glicksberg I.L. A Further generalization of the Kakutani fixed point theorem, with application to Nash equilibrium // *Proceedings of the American Mathematical Society*. 1952. Vol. 3. no 1. pp. 170–174. DOI: 10.2307/2032478

Поступила 27.09.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Корягин Марк Евгеньевич – д-р техн. наук, доц., проф. кафедры высшей математики, ORCID ID 0000-0002-1976-7418, Scopus Author ID 12794946600, ResearcherID M-1500-2013, СГУПС (ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»), (630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, math@stu.ru e-mail: markkoryagin@yandex.ru).

Тимофеева Елена Геннадьевна – старший преподаватель кафедры высшей математики, ORCID ID: 0000-0001-7487-0939, СГУПС (ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения») (630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191 math@stu.ru, timlana@rambler.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Koryagin Mark Evgenievich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,

Professor of the Department of Higher Mathematics, ORCID ID 0000-0002-1976-7418, Scopus Author ID 12794946600, Researcher ID M-1500-2013, Siberian Transport University, (630049, Novosibirsk, 191, Dusi Kovalchuk St., e-mails: math@stu.ru, markkoryagin@yandex.ru).

Timofeeva Elena Gennadievna – Senior Lecturer of the Department of Higher Mathematics, ORCID ID: 0000-0001-7487-0939, Siberian Transport University, (630049, Novosibirsk, 191, Dusi Kovalchuk St., e-mails: math@stu.ru, timlama@rambler.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Корягин М.Е. Содержательная и математическая постановка задачи, обзор литературы (70%).

Тимофеева Е.Г. Численный пример, оформление статьи (30%).

AUTHORS CONTRIBUTION

Koryagin M.E. Substantial and mathematical formulation of the problem, literature review (70%).

Timofeeva E.G. Numerical example, article design (30%).

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ НА АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В.М. Курганов¹, В.Н. Мукаев², М.В. Грязнов³

¹ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь, Россия

²ООО «Автотранспортное управление», г. Магнитогорск, Россия

³ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет», г. Магнитогорск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье обоснована актуальность снижения затрат на автотранспортное обслуживание подразделений промышленного предприятия. Выявлены организационно-технологические особенности функционирования промышленного автомобильного транспорта, определяющие нецелесообразность передачи автотранспортной функции на аутсорсинг в полном объеме. В результате предложена экономико-математическая модель и алгоритм выработки решений по оптимизации затрат на автомобильные перевозки промышленного предприятия, обеспечивающий баланс интересов в стремлении заказчика снизить затраты на автотранспортные услуги и в стремлении перевозчика к повышению доходности своего бизнеса, за счет поиска и обоснованного сокращения резервов использования автомобильного транспорта. Целесообразность практической реализации предлагаемых рекомендаций доказана на примере автотранспортного подразделения крупной металлургической компании Челябинской области.

Материалы и методы. Анализ и систематизация специализированной научной и нормативно-правовой литературы, экономико-математическое моделирование транспортных процессов, статистический технико-экономический анализ производственной информации.

Результаты:

- обладающие научной новизной: критерий оптимальности и система ограничений выбора решений по снижению затрат на автомобильные перевозки; математический аппарат оценки резервов использования автотранспорта;

- имеющие практическую значимость: алгоритм выработки решений по оптимизации затрат на автомобильные перевозки, основанный на балансе интересов перевозчика и заказчика автотранспортных услуг.

Обсуждение и заключение. Поставленные задачи выполнены в полном объеме, в результате чего получены методические рекомендации по согласованию взаимодействия заказчика и поставщика автотранспортных услуг в производственном процессе. Реализация предложенных рекомендаций обеспечит систематическую оптимизацию бюджета промышленного предприятия на автотранспортное обслуживание своих структурных подразделений в размере 3–5% в год.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: промышленный автомобильный транспорт, оптимизация затрат, резервы в транспортном процессе.

Благодарности. Авторы благодарят научных сотрудников и специалистов-практиков, обсуждавших в формате научных конференций и семинаров результаты исследования на всех этапах его выполнения, а также рецензентов данной статьи за высказанные рекомендации и пожелания.

© В.М. Курганов, В.Н. Мукаев, М.В. Грязнов



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

OPTIMIZATION OF AUTOMOBILE TRANSPORTATION COSTS IN INDUSTRIAL ENTERPRISE

V.M. Kurganov¹, V.N. Mukayev², M.V. Gryaznov³

¹Tver State University, Tver, Russia

²Motor Transportation Enterprise, Magnitogorsk, Russia

³Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. The authors prove the relevance of the costs' reducing for motor transportation service in different departments of the industrial enterprise. The organizational and technological features of the industrial motor transport enterprise functioning and defining inexpediency of transfer of motor transportation function on outsourcing in full are revealed. The economic-mathematical model and the algorithm of decisions development on optimization of the automobile transportations costs in the industrial enterprise, which provide balance of interests of the customer to lower costs of motor transportation services and of the carrier to increase business profitability are offered. The expediency of implementation of such recommendations is proved on the example of motor transportation department of the large metallurgical company in Chelyabinsk region.

Materials and methods. The analysis and systematization of the specialized scientific, standard, legal literature, economic-mathematical modeling of transport processes, and statistical technical and economic analysis of production information is conducted.

Results. The following results are reached:

- having scientific novelty: criterion of optimality and system of restrictions of the choice of decisions on cutting of costs for automobile transportations; mathematical apparatus of assessment of reserves of use of motor transport;
- having the practical importance: the algorithm of development of decisions on optimization of costs of automobile transportations based on balance of interests of carrier and the customer of motor transportation services.

Discussion and conclusions. The methodical recommendations about coordination of the customer and supplier interaction of motor transportation services are received. The implementation of such recommendations would provide the systematic 3–5% per year budget optimization in the industrial enterprise departments.

KEYWORDS: industrial motor transport, expenses optimization, transport process reserves

Acknowledgement. The authors express their gratitude to the researchers and practitioners, who have discussed the results of the research at all stages of its implementation in the format of scientific conferences and seminars, as well as to the reviewers of the paper for their recommendations and suggestions.

© V.M. Kurganov, V.N. Mukayev, M.V. Gryaznov



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Выбор темы исследования обоснован постоянным вниманием собственников производственного бизнеса к затратам на внутри-, межцеховой и внешний транспорт. Это внимание усиливается тем, что транспортная составляющая себестоимости товарной продукции в ряде случаев достигает 30% [1, 2]. На крупных промышленных предприятиях для транспортировки сырья, готовой продукции и отходов производства технологически востребован железнодорожный, автомобильный и специальный транспорт. Перевозка разносортных материально-технических ценностей для производственных нужд, мелкопартионные отправки готовой продукции, а также доставка персонала осуществляется автомобильным транспортом.

Промышленный автомобильный транспорт характеризуется большой ресурсоемкостью технологических процессов. На автотранспортные средства приходится около 63% потребляемых топливно-энергетических ресурсов¹. Сложность автоматизации технологических процессов эксплуатации и ремонта обуславливает занятость в автомобильных перевозках, в отличие от других видов промышленного транспорта, большего количества персонала [3, 4].

Разработка и реализация решений по сокращению затрат на автомобильные перевозки промышленного предприятия осложняется наличием организационно-технологической взаимосвязи заказчика и исполнителя транспортных услуг. Транспортный процесс при этом имеет следующие признаки элемента производственной системы заказчика:

- большая часть автопарка состоит из специализированной или переоборудованной для нужд производственных цехов техники;
- выпуск подвижного состава на линию и графики сменности водителей планируются исходя из ритма работы основного производства;
- бюджет перевозчика и стоимость транспортных услуг лимитируется заказчиком;

- производственно-техническая база перевозчика является частью производственной инфраструктуры заказчика.

Поэтому, как правило, основная часть автомобильных перевозок промышленного предприятия осуществляется одним из его структурных подразделений – автотранспортным цехом или дочерним обществом. Встроенность транспортного процесса в производственную систему предприятия, а также требование высокой надежности перевозок делает практически бесполезным снижение затрат посредством передачи транспортной функции в аутсорсинг в полном объеме.

Наличие организационно-технологической взаимосвязи заказчика и исполнителя автотранспортных услуг усиливает риск разработки и реализации решений по снижению затрат на промышленный автомобильный транспорт только за счет сокращения доходной части перевозчика. Такие решения принципиально не верны, поскольку их реализация хоть и направлена на снижение эксплуатационных затрат основного производства может привести к потере перевозчиком своей эффективности. Пример ошибочного решения по передаче автотранспортной деятельности в аутсорсинг приведен в работе².

Алгоритм выработки решений по оптимизации затрат на автомобильные перевозки промышленного предприятия должен обеспечивать баланс интересов в стремлении заказчика снизить затраты на автотранспортные услуги и в стремлении перевозчика к повышению доходности своего бизнеса.

Предлагаемые в данной работе методические рекомендации по выработке управленческих решений основываются на разработках специалистов НТЦ-НИИОГР (г. Челябинск) в части адаптации горнодобывающих предприятий к рыночной среде³, основная идея которых изложена в работах [5, 6]. Идея адаптации производственных систем к рыночным условиям развита применительно к управлению промышленным железнодорожным транспортом.

Соблюдение баланса интересов заказчика и исполнителя автотранспортной услуги

¹ Концепция повышения энергоэффективности транспортного комплекса РФ, <http://900igr.net> (Concept of increasing the energy efficiency of the transport complex of the Russian Federation).

² Курганов В.М., Грязнов М.В. Транспортный аутсорсинг крупных предприятий // Логистика: Евразийский мост: VIII Международная научно-практическая конференция 25–29 апреля 2018 г., г. Красноярск.: тез. докл. Краснояр. гос. аграр. ун-т, Красноярск, 2018. С. 119–128.

³ Галкина Н.В., Важенина Л.Н., Устинова С.А. Алгоритм адаптации горнодобывающего предприятия // Научные сообщения НТЦ-НИИОГР. Вып. 1. Екатеринбург : УрО РАН, 1999. С. 61–62.

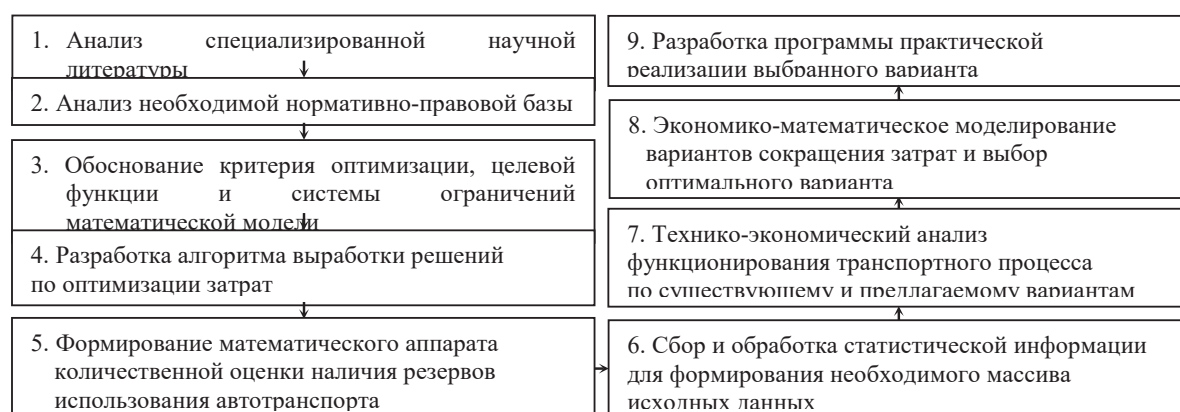


Рисунок 1 – Общая схема проведенного исследования

Figure 1 – General scheme of the conducted research

необходимо основывать на поиске и сокращении резервов использования автомобильного транспорта. Разработке предложений по идентификации резервов производственных ресурсов «скрытых» в транспортном процессе посвящены научные труды в области повышения надежности и эффективности транспортных систем. Авторы данной статьи руководствовались работами российских^{4,5} [8, 10] и иностранных исследователей [7, 9, 11, 12], а также собственными работами [1, 2, 3]. Однако организационно-технологическая специфика функционирования промышленного автомобильного транспорта ограничивает применимость имеющихся в научной литературе наработок. Таким образом, необходимо продолжить исследования методического подхода к оптимизации затрат на автомобильные перевозки промышленного предприятия, что является обоснованием актуальности выбранной темы и своевременности данного исследования.

Целью исследования является разработка методических рекомендаций по рациональному сокращению затрат на промышленный автомобильный транспорт.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- разработка экономико-математической модели и алгоритма выработки решений по

оптимизации затрат промышленного предприятия на транспортное обслуживание своих структурных подразделений;

- формирование методического аппарата количественной оценки наличия резервов использования автотранспорта;

- обоснование целесообразности практической реализации предлагаемых методических рекомендаций.

Структура публикации соответствует последовательности изложения задач проведенного исследования. Теоретическая значимость работы состоит в развитии теоретической базы обоснования решений по оптимизации затрат на автомобильные перевозки промышленного предприятия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования были проведены с использованием комплекса стандартных методов и процедур. Общая схема проведения исследования приведена на рисунке 1.

Комплекс стандартных методов и процедур включал анализ и систематизацию специализированной научной и нормативно-правовой литературы, экономико-математическое моделирование транспортных процессов, статистический и технико-экономический анализ производственной информации. Формированию предлагаемого методического инструментария

⁴ Зайцев Е.И., Бочкарев А.А. Модель функционально-структурной надежности цепи поставок. Logistics and Supply Chain Management: Modern Trends in Germany and Russia: IV Германо-российская конференция по логистике и управлению цепями поставок 6 – 9 мая 2009 г.: тез.докл. Геттинген, Cuviller Verlag, 2009. С. 187–195.

⁵ Концепция повышения энергоэффективности транспортного комплекса РФ, <http://900igr.net> (Concept of increasing the energy efficiency of the transport complex of the Russian Federation).

по определению оптимального варианта снижения затрат на автомобильные перевозки, а также количественной оценки имеющихся в транспортном процессе резервов использования автомобильного транспорта предшествовал анализ научной и нормативно-правовой литературы.

На этих этапах исследования были выявлены организационно-технологические особенности функционирования промышленного автомобильного транспорта на современном этапе развития, определены направления исследования рассматриваемой проблемы в части развития теоретической базы обоснования решений по оптимизации затрат на автомобильные перевозки промышленного предприятия. Анализ нормативно-правовой базы, регламентирующей договорные взаимоотношения участников транспортного процесса, позволил установить, что оптимизация затрат и повышение эффективности перевозочной деятельности возможны лишь при соблюдении баланса интересов как заказчика, так и исполнителя транспортной услуги.

Математическое описание баланса интересов заказчика и исполнителя транспортной услуги, а также условий его соблюдения на практике формализовалось в целевой функции и системе ограничений оптимизационной экономико-математической модели. Для удобства работы с предложенным математическим инструментарием был разработан алгоритм выработки решений по оптимизации затрат, который процедуру экономико-математического моделирования увязывает с последующими этапами проведения исследования.

Для проведения экономико-математического моделирования варианта выработки решения по оптимизации затрат потребовалась детализация и математическое описание компонентов целевой функции математической модели, связанных с количественной оценкой имеющихся у исполнителя транспортной услуги резервов использования автомобильного транспорта, а также формирование необходимого массива исходных данных.

Формирование необходимого для расчетов массива исходных данных производилось по результатам сбора и обработки представительного объема производственной

статистической информации об использовании подвижного состава, занятости линейного персонала, стоимости транспортных услуг, ресурсоемкости выполнения основных и вспомогательных операций транспортного процесса. Информационной основой выполнения этого этапа исследования послужила отчетность 10 самостоятельных грузовых и пассажирских автотранспортных компаний, а также автотранспортных подразделений крупных металлургических, дорожно-строительных и горнодобывающих предприятий Уральского региона.

Реализация этапов разработки и практического внедрения предложенных в данном исследовании методических рекомендаций была проведена на примере автотранспортного подразделения крупной металлургической компании Челябинской области. Для чего потребовалось проведение анализа и количественной оценки имеющихся резервов использования автотранспорта в ключевых технологических процессах основного заказчика с использованием предлагаемого математического аппарата, а также экономико-математическое моделирование варианта выработки решения по оптимизации затрат на автомобильный транспорт.

Посредством технико-экономического анализа, предполагающего сопоставление расчетных и фактических показателей функционирования транспортного процесса рассматриваемой металлургической компании по существующему и предлагаемому вариантам, была определена величина экономического эффекта, наличие которого служит основанием для разработки на заключительном этапе исследований программы практической реализации выбранного варианта.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Обоснованию решений по оптимизации затрат на промышленный автомобильный транспорт препятствует конфликт интересов промышленного предприятия (основного заказчика автотранспортной услуги) и перевозчика. Природа конфликта состоит в различии подходов участников транспортного процесса к выбору способов снижения затрат на перевозки (таблица 1).

ТАБЛИЦА 1
ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА АВТОМОБИЛЬНЫЕ
ПЕРЕВОЗКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
TABLE 1
CHARACTERISTICS OF THE AUTOMOBILE TRANSPORTATION COST REDUCING
IN INDUSTRIAL ENTERPRISES

Наименование способа	Основной заказчик (промышленное предприятие)		Перевозчик (подразделение основного заказчика)	
	Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки
1. Сокращение потребности структурных подразделений основного заказчика в автотранспортных услугах	Снижение затрат на транспортное обслуживание структурных подразделений	Повышение вероятности сбоев основного производства из-за отсутствия транспорта	Сокращение дефицита транспорта для обслуживания сторонних заказчиков	Сокращение дохода от сокращения объема потребления транспортных услуг основным заказчиком
2. Сокращение стоимости автотранспортных услуг на величину рентабельности		Снижение качества транспортного обслуживания структурных подразделений из-за старения автопарка	Отсутствуют	Потеря рентабельности и отсутствие средств на развитие производства

В выборе способа снижения затрат основной заказчик руководствуется возможностью максимального сокращения бюджета на транспортное обслуживание ($\mathcal{E}_{\text{бюдж.}}$). Перевозчику как структурному подразделению основного заказчика такой подход неинтересен, поскольку это ведет к потере его дохода на величину (Δ), и он прилагает все усилия для минимизации подобных потерь. Математически это формализуется следующим образом:

$$\mathcal{E}_{\text{бюдж.}} = B_{\text{план.}} - B_{\text{факт.}} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $B_{\text{план.}}$, $B_{\text{факт.}}$ — соответственно величина планового и фактического бюджета основного заказчика на транспортное обслуживание своих подразделений, руб.

- перевозчик, являющийся подразделением основного заказчика:

$$\Delta = \mathcal{E}_{\text{бюдж.}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где Δ — потери перевозчика от реализации оптимизационных мероприятий, руб.

Из двух способов снижения затрат (таблица 1) второй способ оказывает большие негативные последствия на хозяйственную деятельность перевозчика, поскольку приводит не только к сокращению доходной части, но и к потере средств на развитие производства. Поэтому баланс интересов как основного заказчика транспортных услуг, так и перевозчика при достижении цели оптимизации затрат на автомобильные перевозки достигается экономически оправданным сокращением потребности цехов основного заказчика в автотранс-

портных услугах (таблица 2).

Баланс интересов предлагается устанавливать планированием основным заказчиком показателя снижения затрат на отчетный период времени, обязательный для выполнения перевозчиком. Это позволяет использовать в качестве критерия оптимизации максимум экономии бюджета промышленного предприятия на транспортное обслуживание своих структурных подразделений (1). Обязательным условием является наличие у исполнителя автотранспортных услуг резервов производительности или времени использования подвижного состава, а также отсутствие сбоев в производственном процессе основного заказчика вследствие реализации оптимизационных мероприятий.

Предложенный критерий оптимизации, а также оговоренные условия его достижения позволяют определить вид целевой функции и системы ограничений экономико-математической модели оптимизации затрат промышленного предприятия на транспортное обслуживание своих структурных подразделений:

- целевая функция:

$$\mathcal{E}_{\text{бюдж.}} \rightarrow \max,$$

- система ограничений:

$$\begin{cases} R(t) \rightarrow 0 \\ R > \Pi_{\text{план.}} \\ I = 0 \\ \frac{\mathcal{E}_{\text{бюдж.}}}{B_{\text{план.}}} \geq 0,05 \end{cases} \quad (4)$$

где $R(t)$ – вероятность сбоев основного производства из-за отсутствия транспорта, %; R – резервы производительности или времени использования подвижного состава, имеющиеся у перевозчика, т-км (м-ч); $P_{\text{план.}}$ – количество машино-часов, планируемое основным заказчиком к оптимизации, м-ч; I – размер инвестиций, направляемых основным заказчиком на обновление и модернизацию автопарка, тыс. руб.; 0,05 – нижняя граница планового показателя снижения затрат на автомобильные перевозки.

Предусмотренное системой ограничений условие ($R > P_{\text{план.}}$) обеспечивает работоспособность экономико-математической модели в случае отсутствия инвестиций основного заказчика в обновление и модернизацию автопарка перевозчика ($I = 0$). Также следует пояснить, что значение 0,05, обозначенное системой ограничений, является лишь нижней границей ($\mathcal{E}_{\text{бюдж.}}$). По итогам установленного и согласованного основным заказчиком и перевозчиком отчетного периода последний обязан достигнуть этой величины в своей деятельности. Однако превышение нижней границы ($\mathcal{E}_{\text{бюдж.}}$) не является ограничением для перевозчика. Основным заказчиком будет приветствоваться максимизация ($\mathcal{E}_{\text{бюдж.}}$), поэтому предложенная экономико-математическая модель является оптимизационной.

ТАБЛИЦА 2
МАТРИЦА ИНТЕРЕСОВ УЧАСТНИКОВ
ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА
ПРИ ДОСТИЖЕНИИ ЦЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ
TABLE 2
PARTICIPANTS' INTERESTS MATRIX OF THE
TRANSPORT PROCESS
BY THE GOAL OPTIMIZING

Способ достижения цели оптимизации	Наличие интереса	
	Основного заказчика	Перевозчика
Сокращение потребности структурных подразделений основного заказчика в автотранспортных услугах	+	+
Сокращение стоимости автотранспортных услуг на величину рентабельности	+	-
- баланс интересов при достижении цели оптимизации.		

Выбор решений по оптимизации затрат на автомобильные перевозки промышленного предприятия предлагается осуществлять согласно алгоритму (рисунок 2). Основу предлагаемого алгоритма составляют: оптимизационная экономико-математическая модель,

плановый показатель снижения затрат на автомобильные перевозки; инструментальный поиск резервов использования подвижного состава в подразделениях основного заказчика. На первом этапе производится планирование нижней границы показателя снижения затрат ($\mathcal{E}_{\text{бюдж.}}$). Обязательное выполнение этого показателя определяет необходимость непрерывного мониторинга перевозчиком имеющихся резервов использования подвижного состава в первую очередь в подразделениях основного заказчика.

Далее следует блок подготовки к выработке оптимизационного решения. Он представляет собой четыре последовательных модуля выбора по числу источников резервов использования подвижного состава в подразделениях основного заказчика по времени или производительности. Описание источников и методика их количественной оценки резервов приведена ниже. В зависимости от наличия того или иного источника резервов использования автотранспорта разрабатывается оптимизационное решение и далее на девятом шаге алгоритма осуществляется расчет экономического эффекта от его реализации. В случае отсутствия каких-либо резервов автотранспорта его основным заказчиком разрабатываются и принимаются решения по функционально-структурному преобразованию транспортной системы (этап 14). Следует понимать, что принятие таких решений неизбежно приведет к реформированию организационно-производственной структуры перевозчика и по сути к прекращению его деятельности в прежнем виде.

При наличии резервов использования автотранспорта в подразделениях основного заказчика, а также экономического эффекта от его реализации перевозчик осуществляет проверку оптимизационного решения по критерию максимума экономии бюджета основного заказчика на транспортное обслуживание своих структурных подразделений (этап 10). Положительный результат проверки и соблюдение принятой системы ограничений служит основанием для разработки и утверждения программы по реализации оптимизационных мероприятий (этап 12). Если условия на этапах 10, 11 невыполнимы, необходимо вернуться к этапу 8.

На этапе 13 алгоритма производится анализ выполнения планового показателя снижения затрат. Если установленный показатель достигнут, это является основанием для окончания алгоритма. В противном случае комплекс оптимизационных мероприятий не-

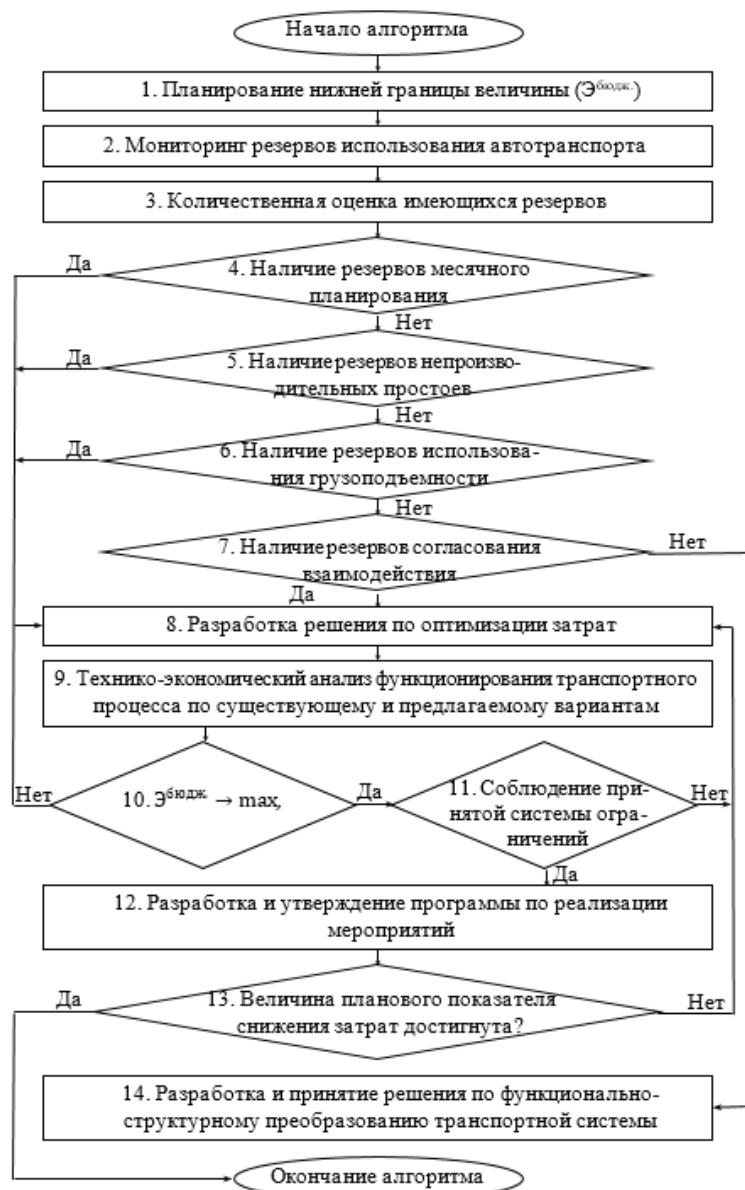


Рисунок 2 – Алгоритм выработки решений по оптимизации затрат промышленного предприятия на транспортное обслуживание своих структурных подразделений

Figure 2 – Decisions' algorithm on costs optimization of the industrial enterprise for transport service of the structural divisions

обходимо расширить для достижения нижней границы ($\mathcal{E}^{\text{бюдж.}}$).

Выбор решения по оптимизации затрат на автомобильные перевозки зависит от источника резервов использования автотранспорта в подразделениях основного заказчика. Источниками резервов являются: нерегламентированные простои автотранспорта в подразделениях заказчика; несоответствие

эксплуатационных параметров автомобиля весогабаритным характеристикам перевозимого груза; рассогласованность взаимодействия участников транспортного процесса; неудовлетворительная достоверность планирования заказчиком своих потребностей в автотранспорте. Источник искомых резервов определяет инструменты их мониторинга (таблица 3).

ТАБЛИЦА 3
ВЗАИМОСВЯЗЬ ИСТОЧНИКА РЕЗЕРВОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТА,
ВИДА ОПТИМИЗАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТОВ МОНИТОРИНГА
РЕЗЕРВОВ В ТРАНСПОРТНОМ ПРОЦЕССЕ
TABLE 3
RELATION OF RESERVES' SOURCE OF VEHICLES' USAGE,
OF SOLUTION OPTIMIZATION TYPE AND OF MONITORING TOOLS
RESERVES IN THE TRANSPORT PROCESS

Источник		Оптимизационное решение	Предлагаемый инструмент мониторинга резервов
резерва	экономии затрат		
Нерегламенти-рованные простои автотранспорта	Оплата заказчиком транспортных услуг, оказанных меньшим количеством транспорта	Уменьшение численности автомобилей на объекте заказчика	Автоматизированная система нормирования и контроля сверхнормативных простоев автотранспорта
Нерегламенти-рованные простои автотранспорта	Оплата заказчиком меньшего объема транспортных услуг	Корректировка графика работы автомобилей у заказчика	Автоматизированная система нормирования и контроля сверхнормативных простоев автотранспорта
	Сокращение затрат на величину стоимости транспортных услуг, предоставляемых подразделению заказчика, до его перехода на бестранспортную технологию	Отказ заказчика от транспортного обслуживания своего подразделения, посредством перехода на бестранспортную технологию	
Не соответствие эксплуатационных параметров автомобиля весогабаритным характеристикам перевозимого груза	Оплата заказчиком перевозок, выполняемых автомобилем меньшей ценовой группы	Использование транспорта меньшей грузоподъемности, меньшей ценовой группы	Централизация диспетчерского управления автотранспортом
Рассогласованность взаимодействия участников транспортного процесса	Сокращение затрат вследствие распределения затрат на оплату транспортных услуг между несколькими заказчиками	Организация кольцевых маршрутов	
		Закрепление одного автомобиля за несколькими заказчиками	
		Обеспечение автомобиля обратной загрузкой	
Повышение достоверности планирования заказчиком своих потребностей в автотранспорте	Сокращение бюджета на транспортное обслуживание на величину стоимости нерегламентированных заявок на автотранспорт	Планирование заказчиком своих потребностей в автотранспорте в разрезе месяца	Регламентирующий график технологических перевозок

Помимо инструмента мониторинга источник резервов использования автотранспорта в подразделениях основного заказчика также определяет математический аппарат их оценки. При наличии в транспортном процессе нерегламентированных простоев автотранспорта оценка резервов его использования по времени определяется разностью величины общего простоя автотранспорта в подразделениях заказчика, его простоя под погрузкой-выгрузкой и вспомогательными технологическими операциями:

$$R = T_{\text{пр.}} - T_{\text{норм.}} \quad (5)$$

Наличие неиспользуемых резервов производительности автотранспорта в подразделениях основного заказчика вследствие несоответствия эксплуатационных параметров автомобиля весогабаритным характеристикам перевозимого груза определяется неравенствами:

$$\gamma_c^{\text{гр.}} = \frac{q_{\text{н}}^{\Phi}}{q} < 1, \quad (6)$$

$$\gamma_c^{BM} = \frac{Q^\Phi}{Q^H} < 1, \quad (7)$$

где $\gamma_c^{гр.}$, γ_c^{BM} – коэффициент использования соответственно грузоподъемности и грузоместимости транспортного средства; q^Φ , q^H – фактическая масса груза, перевозимого в кузове автомобиля, и грузоподъемность автомобиля, т; Q^Φ , Q^H – фактический объем груза, перевозимого в кузове автомобиля, и грузоместимость автомобиля, м³.

Величина резервов в этом случае рассчитывается суммированием неиспользованного тоннажа грузоподъемности или неиспользуемой грузоместимости по рассматриваемой группе автомобилей:

$$R = \sum_{i=1}^{A_n} q_i^H \cdot \gamma_c^{гр.}, \quad (8)$$

$$R = \sum_{i=1}^{A_n} Q_i^H \cdot \gamma_c^{BM}, \quad (9)$$

где A_n – численность автомобилей рассматриваемого типа и ценовой группы, ед.

Наличие резервов использования автотранспорта вследствие рассогласованности взаимодействия участников транспортного процесса определяется следующим неравенством:

$$0,5 < \beta = \frac{L_{гр.}}{L_H + L_{гр.} + L_{х/х}} < 1, \quad (10)$$

где β – средний коэффициент использования пробега по группе транспортных средств рассматриваемого типа и ценовой группы за сутки; $L_{гр.}$, L_H , $L_{х/х}$ – соответственно, суммарный груженный, нулевой и холостой пробег по группе транспортных средств рассматриваемого типа и ценовой группы за сутки.

Соблюдение неравенства (10) свидетельствует о том, что транспортное средство рассматриваемого типа и ценовой группы можно использовать параллельно на других заявках путем их совмещения. Это возможно без ущерба интересам основного заказчика организацией кольцевых маршрутов, закреплением транспортного средства за несколькими подразделениями в качестве дежурного автомобиля, обеспечением обратной загрузки. Величину резервов использования автотранспорта в процентном выражении можно оценить по формуле

$$R = (1 - \beta) \cdot 100\%. \quad (11)$$

Формирование резервов автотранспорта за счет повышения достоверности планирования заказчиком своих потребностей в автомобильных перевозках основывается на анализе количества нерегламентированных заявок на автотранспорт фактически поступивших перевозчику от подразделения основного заказчика за расчетный период. Нерегламентированные заявки имеют случайный разовый характер и, как правило, не связаны с обслуживанием основного технологического процесса основного заказчика, а возникают в связи с прочими потребностями его структурных подразделений. Исключение составляют аварийные заявки, связанные с необходимостью устранения аварийных ситуаций в производственном процессе. При большом количестве нерегламентированных заявок на автотранспорт структурному подразделению необходимо произвести их систематизацию и регламентацию с определением периодичности и потребности в транспорте, то есть повысить достоверность планирования своих потребностей в автотранспорте и бюджета на транспортное обслуживание.

Объем автотранспорта, требуемого в формате нерегламентированных заявок, воспринимается перевозчиком как резерв, который в первую очередь направляется на компенсацию дефицита транспортных средств в основной технологии заказчика. По этой причине нерегламентированная заявка в случае дефицита транспорта может быть отклонена перевозчиком. Величина резерва использования автотранспорта вследствие недостоверности планирования заказчиком потребностей в транспортном обслуживании определяется суммированием объема автотранспортных услуг, оказанных согласно нерегламентированным заявкам транспортными средствами рассматриваемого типа и ценовой группы за сутки:

$$R = \sum_{i=1}^{N_{раз.}^{факт.}} A_{раз.i}^{м-ч}, \quad (12)$$

где $A_{раз.i}^{м-ч}$ – объем автотранспортных услуг, оказанных структурным подразделениям основного заказчика за сутки согласно нерегламентированных заявок, м-ч.

Предложенные методические рекомендации не принесут ощутимого эффекта при отсутствии инструментов автоматизированного

мониторинга резервов использования автотранспорта в структурных подразделениях основного заказчика. Такими инструментами являются информационно-программные средства планирования и организации взаимодействия участников транспортного процесса на основе автоматизированной системы нормирования и контроля сверхнормативных простоев автотранспорта, системы централизации диспетчерского управления автотранспортом и регламентирующего графика технологических перевозок (см.таблицу 3).

Основная задача автоматизированной системы нормирования и контроля сверхнормативных простоев автотранспорта заключается в соотнесении компьютерной программой по каждой единице автопарка общего фактического ее простоя на объекте заказчика и норматива ее простоя на данном объекте, предусматривающего безопасное выполнение операций транспортного процесса в полном объеме. Превышение факта над нормой является сверхнормативным простоем автотранспорта и объектом оптимизации. Рекомендации по разработке автоматизированной системы нормирования и контроля сверхнормативных простоев автотранспорта предложены в работе [4].

Идея централизации диспетчерского управления автотранспортом заключается в предоставлении автотранспортному подразделению промышленного предприятия полномочий по привлечению к перевозкам и диспетчеризации подвижного состава сторонних перевозчиков на условии субподряда. Это позволит практически до нуля сократить число отклонений заявок на перевозки по причине отсутствия собственного транспорта в случаях резкого увеличения потребностей в транспортном обслуживании, а также избежать наращивания не востребуемых резервов провозных возможностей.

Суть регламентирующего графика технологических перевозок состоит в автоматизации планирования заказчиком потребностей в автомобильных перевозках на месяц в разрезе суток. Невостребованным резервом и источником оптимизации является автотранспорт, заказываемый подразделениями основного заказчика, но не предусмотренный месячным планированием в рамках регламентирующего графика технологических перевозок.

ОБСУЖДЕНИЕ

Поставленные в работе задачи выполнены в полном объеме. По итогам исследования получены методические рекомендации

по согласованию взаимодействия заказчика и поставщика автотранспортных услуг в производственном процессе. Научная новизна исследования состоит:

- в разработке критерия оптимальности и системы ограничений выбора решений по снижению затрат на автомобильные перевозки;
- в формировании математического аппарата оценки резервов использования автотранспорта.

Практическая значимость полученных результатов заключается в разработке алгоритма выработки решений по оптимизации затрат на автомобильные перевозки, основанного на балансе интересов перевозчика и заказчика автотранспортных услуг.

Часть предложенных методических рекомендаций была реализована на примере автотранспортного подразделения одной из крупнейших металлургических компаний Челябинской области. Наличие на данном предприятии автоматизированной системы нормирования и контроля сверхнормативных простоев автотранспорта обеспечила в 2014 г. разработку оптимизационных мероприятий, направленных на уменьшение численности автомобилей, работающих на объектах заказчика, изменение графика работы автомобилей, отказ от транспортного обслуживания структурных подразделений, использование автомобилей меньшей грузоподъемности. Суммарная годовая экономия бюджета предприятия на автомобильные перевозки составила 16,58 млн руб.

Результативность предлагаемых рекомендаций по централизации диспетчерского управления автотранспортом на данном предприятии подтверждена наличием экономического эффекта от организации в 2017 г. перевозок металлургического шлака по кольцевым маршрутам. В процессе расчетов подтвердилось ожидаемое сокращение нулевых пробегов технологических автосамосвалов на 466,85 тыс. км в год, что обеспечило экономию дизельного топлива 24,3 млн руб./год. Развитие данных вопросов в условиях рассматриваемой металлургической компании позволяет прогнозировать оптимизацию ее бюджета на транспортное обслуживание структурных подразделений в размере 3–5% в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные выводы по результатам проведенных исследований состоят в следующем:

1. Промышленный автомобильный транспорт имеет признаки элемента производствен-

ной системы промышленного предприятия: соответствие автопарка нуждам производственных подразделений, а также графиков сменности водителей ритму работы основного производства; влияние основного заказчика на бюджет перевозчика и стоимость транспортных услуг; встроенность производственно-технической базы перевозчика в инфраструктуру основного заказчика.

2. Наличие организационно-технологической связи перевозчика с основным заказчиком транспортных услуг и специфика их взаимодействия делает практически бесполезным с аспекта надежности транспортного обслуживания передачу транспортной функции на аутсорсинг в полном объеме, что обуславливает необходимость осуществления перевозок автотранспортным подразделением или дочерним обществом основного заказчика.

3. Разработку решений по оптимизации затрат на автомобильные перевозки затрудняет конфликт интересов основного заказчика и его автотранспортного подразделения. Компенсацию конфликта интересов обеспечивает планирование основным заказчиком на отчетный период времени нижней границы планового показателя снижения затрат на автомобильные перевозки, обязательный для выполнения перевозчиком.

4. Максимум экономии бюджета основного заказчика на транспортное обслуживание своих подразделений, а также условия его достижения, заключающиеся в наличии у исполнителя автотранспортных услуг резервов производительности или времени использования подвижного состава, отсутствие сбоев в производственном процессе основного заказчика вследствие реализации оптимизационных мероприятий, обязательное выполнение перевозчиком показателя снижения затрат позволяет сформировать целевую функцию и систему ограничений оптимизационной экономико-математической модели.

5. Для удобства работы с предложенным математическим инструментарием был создан алгоритм выработки решений по оптимизации затрат, который процедуру экономико-математического моделирования увязывает с последующими этапами проведения исследования. Основу предлагаемого алгоритма составляют: оптимизационная экономико-математическая модель, плановый показатель снижения затрат на автомобильные перевозки; инструментарий поиска резервов использования подвижного состава в подразделениях основного заказчика.

6. Выбор решения по оптимизации затрат на автомобильные перевозки зависит от источника резервов использования автотранспорта в подразделениях основного заказчика. Источниками резервов являются: нерегламентированные простои автотранспорта в подразделениях заказчика; несоответствие эксплуатационных параметров автомобиля весогабаритным характеристикам перевозимого груза; рассогласованность взаимодействия участников транспортного процесса; неудовлетворительная достоверность планирования заказчиком своих потребностей в автотранспорте.

7. Математический аппарат оценки имеющихся у перевозчика резервов использования автотранспорта базируется: на определении разности величины общего простоя транспорта в подразделениях заказчика, его простоя под погрузкой-выгрузкой и вспомогательными технологическими операциями; на сумме неиспользованного тоннажа грузоподъемности или неиспользуемой грузоместимости по рассматриваемой группе автомобилей; на установлении возможности обоснованного закрепления одного транспортного средства за несколькими заказчиками; на суммировании объема автотранспортных услуг, оказанных структурным подразделениям основного заказчика по нерегламентированным заявкам транспортными средствами рассматриваемой группы за расчетный период.

8. Инструментами автоматизированного мониторинга резервов использования автотранспорта в структурных подразделениях основного заказчика являются информационно-программные средства планирования и организации взаимодействия участников транспортного процесса на основе автоматизированной системы нормирования и контроля сверхнормативных простоев автотранспорта, системы централизации диспетчерского управления автотранспортом и регламентирующего графика технологических перевозок.

9. Наличие примеров успешной реализации предлагаемых методических рекомендаций на практике, а также положительного экономического эффекта позволяет утверждать о научной состоятельности и практической целесообразности результатов проведенного исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курганов В.М., Грязнов М.В. Управление надежностью транспортных систем и про-

цессов автомобильных перевозок: монография. Магнитогорск: Изд-во «Магнитогорский Дом печати», 2013. 318 с.

2. Курганов В.М., Грязнов М.В., Мукаев В.Н. Интермодальные схемы экспортных поставок метизной продукции // Соискатель: приложение к журналу «Мир транспорта». 2015. № 2 (10). С. 60–67.

3. Грязнов М.В., Мукаев В.Н., Царицинский А.Г. Автоматизированная система контроля работы автотранспорта промышленного предприятия: монография. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. 91 с.

4. Дорофеев А.Н. Эффективное управление автоперевозками (Fleet management): монография. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. 196 с.

5. Баев И.А., Галкина Н.В., Каплан А.В. Методы управления процессом адаптации горнодобывающего предприятия: Препринт / N17 НТЦ- НИИОГР. Челябинск, 2000. 20 с.

6. Блинов В.М. Об эффективности адаптации горнодобывающих предприятий / В.М. Блинов, В.А. Галкин, Н.В. Галкина, А.М. Макаров. Проблемы адаптации предприятий: Труды НТЦ-НИИОГР. Вып. 4. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. С. 5–7.

7. Барлоу Р, Прошан Ф. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность. М.: Наука, 1984. 488 с.

8. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 702 с.

9. Райншке К. Модели надежности и чувствительности систем. Пер. с нем. под ред. Б.А. Козлова. М.: Мир, 1979. 452 с.

10. Уткин Э.А., Фролов Д.А. Управление рисками предприятия. М.: Издательство: ТЕИС, 2003. 248 с.

11. Marlin U. Tomas Reliability and warranties. OZON.ru. 2006.

12. Neil B. Bloom Reliability centered maintenance. McGraw-Hill, 2006.

REFERENCES

1. Kurganov V.M., Gryaznov M.V. *Upravlenie nadezhnost'ju transportnyh sistem i processov avtomobil'nyh perevozok* [Management of the transport systems' reliability and processes of automobile transportation]. Magnitogorsk, Magnitogorsk Printing House, 2013. 318 p. (in Russian)

2. Kurganov V.M., Gryaznov M.V. Mukaev V.N. Intermodal'nye shemy jeksportnyh postavok metiznoj produkcii [Intermodal schemes of hardware products' export supplies]. Applicant - an

attachment to the journal *The World of Transport*, 2015, no 2 (10), pp. 60–67. (in Russian)

3. Gryaznov M.V., Mukaev V.N., Caricinskij A.G. *Avtomatizirovannaya sistema kontrolya raboty avtotransporta promyshlennogo predpriyatiya* [Automated control system of motor transport work of the industrial enterprise]. Magnitogorsk, Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2016. 91 p. (in Russian)

4. Dorofeev A.N. *Effektivnoe upravlenie avtoperevozkami (Fleet management)* [Effective management of the automobile transportation (Fleet management)]. Moscow, Publishing and trading Corporation "Dashkov & Co", 2012. 196 p. (in Russian)

5. Baev I.A., Galkina N.V., Kaplan A.V. *Metody upravleniya processom adaptacii gorno-dobyvayushchego predpriyatiya* [Methods of management by the adaptation process in the mining enterprise]. Chelyabinsk, 2000. 20 p. (in Russian)

6. Blinov V.M., Galkin V.A., Galkina N.V., Makarov A.M. Ob ehffektivnosti adaptacii gornodo-byvayushchih predpriyatij [About efficiency of the mining enterprises' adaptation]. Trudy NTC-NIIOGR [Proceedings NTC-NIIOGR], 2000, Iss. 4, pp. 5–7. (in Russian)

7. Barlow R, Proshan F. *Statisticheskaya teoriya nadezhnosti i ispytaniya na bezotkaznost'* [Statistical theory of reliability and reliability tests]. Moscow, Science, 1984. 488 p. (in Russian)

8. Polovko A.M., Gurov S.V. *Osnovy teorii nadezhnosti* [Fundamentals of reliability theory]. Saint-Petersburg, BHV-Peterburg, 2006, 702 p. (in Russian)

9. Rajnshke K. Modeli nadezhnosti i chuvstvitel'nosti sistem [Models of the systems' reliability and sensitivity]. Moscow, peace, 1979. 452 p. (in Russian)

10. Utkin E.H.A., Frolov D.A. *Upravlenie riskami predpriyatiya* [Enterprise risk management]. Moscow, Publisher TEIS, 2003. 248 p. (in Russian)

11. Marlin U. Tomas Reliability and warranties. OZON.ru. 2006.

12. Neil B. Bloom Reliability centered maintenance. McGraw-Hill, 2006.

Поступила 13.09.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Курганов Валерий Максимович – д-р техн. наук, доц., ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», проф. кафедры математики, статистики и информатики в экономике, ORCID 0000-0001-8494-2852 (170100, Россия, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33, glavreds@gmail.com).

Мукаев Владимир Николаевич – ООО «Автотранспортное управление», начальник управления эксплуатации, ORCID 0000-0002-2804-426 (455007, Россия, Челябинская обл., г. Магнитогорск, ул. Пржевальского, д. 4, mukaev.vn@atu.mmk.ru).

Грязнов Михаил Владимирович – д-р техн. наук, доц., ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», доц. кафедры логистики и управления транспортными системами, ORCID 0000-0003-3142-1089 (455000, Россия, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38, gm-autolab@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kurganov Valery Maksimovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Professor of the Mathematics, Statistics and Informatics in Economy Department, Tver State University, ORCID ID 0000-0001-8494-2852 (170100, Russia, Tver, 33, Zhelyabov St., e-mail: glavreds@gmail.com).

Mukayev Vladimir Nikolaevich – Automobile Transport Enterprise, Head of the Operation Department ORCID 0000-0002-2804-426 (455007, Russia, Chelyabinsk Region, Magnitogorsk, 4, Przhevalsky St., e-mail: mukaev.vn@atu.mmk.ru).

Gryaznov Mikhail Vladimirovich – Doctor of Engineering, Associate Professor, Associate Professor of Logistics and Management in Transport Systems Department, Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, ORCID 0000-0003-3142-1089 (455000, Russia, Chelyabinsk Region, Magnitogorsk, 38, Lenin Ave., e-mail: gm-autolab@mail.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Курганов Валерий Максимович – научное руководство исследованием, включая формулировку проблемы, ее актуальность, идеи работы, постановку задач, формирование общей схемы проведения исследования, контроль корректности используемой терминологии и полученных результатов. Научная редакция статьи и отчетных материалов.

Мукаев Владимир Николаевич – разработка оптимизационной экономико-математи-

ческой модели, математического аппарата оценки резервов использования транспорта, формирование массива исходной информации, разработка алгоритма выработки решений по оптимизации затрат, обоснование рекомендаций по формированию инструментов мониторинга резервов использования автомобильного транспорта, написание статьи.

Грязнов Михаил Владимирович – анализ научной и нормативно-правовой литературы по изучаемой проблеме, систематизация организационно-технологических особенностей функционирования промышленного автомобильного транспорта на современном этапе развития, методическая поддержка в разработке экономико-математической модели оптимизации затрат на автомобильные перевозки и математического аппарата идентификации невостребованных резервов. Формулировка принципа обеспечения баланса интересов участников транспортно-го процесса в снижении затрат на перевозки, корректировка стиля изложения статьи.

AUTHORS CONTRIBUTION

Kurganov Valery Maksimovich – scientific management of the research, including the formulation of the problem, its relevance, idea of research, statement of tasks, formation of the general scheme of the research conduction, control of the terminology correctness and of the received results. Scientific edition of the article and reporting materials.

Mukayev Vladimir Nikolaevich – development of economic-mathematical model optimizing, mathematical apparatus of assessment of transport reserves, formation of the initial information array, development of an algorithm of decisions' development on expenses optimization, recommendations' justification about formation of the reserves monitoring instruments, article compiling.

Gryaznov Mikhail Vladimirovich – analysis of scientific and standard and legal literature, systematization of organizational and technological features of the industrial motor transport functioning at the present development stage, methodical support in economic-mathematical model development of the costs optimization in automobile transportations and a mathematical apparatus of the reserves identification. Formulation of the ensuring balance principle of participants' interests in transport process for transportation cost reducing, article style editing.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Е.В. Парсаев, П.Н. Малюгин, И.А. Тетерина
ФГБОУ ВО «СибАДИ»,
г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Для оценки качества организации дорожного движения по экологическим показателям интерес представляют две методики из пяти действующих на территории РФ нормативных документов, которые учитывают параметры транспортного потока, влияющие на объем выбросов загрязняющих веществ. Таким параметром выступает средняя скорость движения. В реальных условиях на городских магистралях встречаются участки, где транспортный поток осуществляет движение неравномерно (торможение, разгон, остановка), что влечет за собой увеличение количества выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта. При этом данная неравномерность движения во многом обусловлена существующей организацией дорожного движения (ОДД) на отдельных элементах улично-дорожной сети (УДС). Это является основанием разработки методики расчета выбросов загрязняющих веществ для оценки качества ОДД, учитывающей неравномерность движения транспортного потока.

Материалы и методы. В данной работе предлагается в расчетах выбросов загрязняющих веществ от транспортных потоков учитывать среднюю скорость движения на тех участках магистрали, где поток движется стационарно, а на элементах магистрали, где поток нестационарный – учитывать дополнительные выбросы. Дополнительный выброс загрязняющих веществ от транспортного потока следует рассматривать по отдельности, в случаях если автомобили выполняли остановку (присутствуют режимы замедления, холостой ход и разгон), и ситуацию, когда автомобили подвергаются задержке, но не останавливаются (замедление и разгон).

Результаты. Разница в результатах расчетов выбросов оксида углерода по предлагаемой методике и методике ГОСТ составила 57%, а по выбросам оксидов азота 94%.

Обсуждение и заключение. Предложенная методика позволяет производить более точную оценку качества ОДД на участке городской магистрали и ее отдельных элементах по экологическим показателям. Кроме того, предлагаемая методика позволит выполнять расчеты по оценке проектов организации дорожного движения и мероприятий, направленных на снижение вредного воздействия транспортных потоков на окружающую среду примыкающих территорий населенных пунктов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: организация дорожного движения, загрязнение атмосферного воздуха, транспортный поток, методика расчетов, выбросы загрязняющих веществ, автомобильный транспорт, городская магистраль.

© Е.В. Парсаев, П.Н. Малюгин, И.А. Тетерина



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

METHODOLOGY FOR THE CALCULATION OF EMISSIONS FOR NON-STATIONARY TRANSPORT FLOW

E.V. Parsaev, P.N. Malyugin, I.A. Teterina
Siberian State Automobile and Highway University,
Omsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. Two methods among five in regulatory documents of the Russian Federation can be interested for assessing the quality of traffic management by environmental indicators. Only such methods take into account the parameters of the traffic flow that affect the volume of emissions. The parameter influencing the results of calculations in both methods is an average motion speed. Moreover, there are areas on urban highways, where traffic moves unevenly (braking, dispersal, stopping). Therefore, such factor entails an increase in the volume of emissions from vehicles. At the same time, this uneven movement is largely due to the existing organization of traffic (TO) on certain elements of the street-road network (SRN). Accordingly, the method for calculating pollutant emissions to assess the quality of TO, which take into account the unevenness of traffic flow, should be developed.

Materials and methods. The paper proposes to take into account the average speed of traffic in those parts, where the traffic flow moves stationary, and on the elements of the main traffic line, where the traffic flow is non-stationary, and to take into account additional emissions. Moreover, the additional emission from the traffic flow should be considered separately in the following cases: if the cars stop (there are deceleration modes, idling and acceleration) and in the situation, when cars decrease their speed (slowdown and acceleration).

Results. As a result, the difference between calculations of carbon monoxide emissions by the proposed method and by the GOST methodology is 57%, and for emissions of nitrogen oxides is 94%.

Discussion and conclusion. The proposed methodology allows accurately assessing the quality of the TO on the section of the urban highway and its individual elements on environmental indicators. In addition, the proposed methodology would allow carrying out calculations for the evaluation of road traffic projects and activities, which aim to reduce the harmful impact of traffic on the environment of the highway areas.

KEYWORDS: traffic management, air pollution, traffic flow, calculation methodology, emissions, road transport, urban highway.

© E.V. Parsaev, P.N. Malyugin, I.A. Teterina



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 25 декабря 2015 г. №1440 «Об утверждении требований к программам комплексного развития транспортной инфраструктуры поселений, городских округов» программа комплексного развития транспортной инфраструктуры города должна включать: оценку уровня негативного воздействия транспортной инфраструктуры на окружающую среду, безопасность и здоровье населения; мероприятия по снижению негативного воздействия транспорта на окружающую среду и здоровье населения. Кроме того, согласно Приказа Министерства транспорта РФ от 17 марта 2015 г. №43 «Об утверждении Правил подготовки проектов и схем организации дорожного движения» разработанные мероприятия по организации дорожного движения (ОДД) должны представлять собой целостную систему технически, экономически и экологически обоснованных мер организационного характера, а одной из задач разработки проектной документации по ОДД является снижение негативного воздействия от автомобильного транспорта на окружающую среду. При этом, по данным¹ [1, 2], наиболее вредное воздействие со стороны транспортной инфраструктуры в крупных городах приходится на загрязнение атмосферного воздуха автомобильным транспортом. Поэтому для решения выше указанных задач необходима методика, позволяющая выполнять не только экологическую оценку качества существующей организации движения, но и производить расчеты для анализа различных вариантов проектных решений на элементах улично-дорожной сети (УДС) населенных пунктов.

Известно два вида методов, оценивающих уровень загрязнения атмосферного воздуха транспортными потоками: методы, оценивающие концентрацию загрязняющих веществ

в примагистральной территории [1,3,4,5], и методы, оценивающие величину выбросов загрязняющих веществ автомобильным транспортом^{2, 3} [1,2,6,7,8,9]. Методы первого вида ориентированы на оценку качества атмосферного воздуха, в котором могут присутствовать загрязняющие вещества не только от отработавших газов автотранспорта, но и выбросы от стационарных источников [10], поэтому применение их для оценки качества ОДД на элементах УДС в населенных пунктах ограничено и могут быть использованы при определенных условиях. В результате для экологической оценки качества ОДД больше подходят методы второго вида.

В настоящее время в РФ одновременно имеют юридическую силу пять нормативных документов, регламентирующих выполнение расчетов выбросов загрязняющих веществ автомобильным транспортом, и четыре методики, согласно перечня [11] и ГОСТ Р56162-2014.

При этом методика [6] и ГОСТ Р 56162–2014 практически повторяют друг друга.

Для оценки качества организации дорожного движения по экологическим показателям наибольший интерес представляют методики⁴ [6,7], которые учитывают параметры транспортного потока, влияющие на объем выбросов загрязняющих веществ. Обе методики имеют схожий подход по расчету выбросов загрязняющих веществ от движущегося автотранспорта, важным параметром, влияющим на результаты расчетов, выступает средняя скорость движения.

Но средняя скорость движения может быть применена для косвенной оценки эффективности ОДД. В реальных условиях на городских магистралях встречаются участки, где транспортный поток осуществляет движение неравномерно (торможение, разгон, остановка), что влечет за собой увеличение количества выбросов загрязняющих веществ от автотран-

¹ Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учебное пособие для высшей школы. 2-е изд., испр. и доп. М.: Академический Проект, 2004. 400 с.

² ГОСТ Р 56162-2014 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов. М., «Стандартинформ», 2014. 10 с.

³ Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология: Учебник для вузов / под ред. В.Н. Луканина. М.: Высш. шк., 2001. 273 с.

⁴ Парсаев Е.В. Влияние применяемых технических средств организации дорожного движения на уровень загрязнения городских магистралей транспортными потоками // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)». 2017. С. 165 – 168

спорта⁵. При этом данная неравномерность движения во многом обусловлена существующей ОДД на отдельных элементах УДС³.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Вышесказанное послужило основанием для разработки методики расчета выбросов загрязняющих веществ от нестационарных транспортных потоков с учетом их неравномерности. Предметом исследований в этом случае будут зависимости, связывающие количество выбросов загрязняющих веществ от режимов движения транспортных потоков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основным источником выбросов загрязняющих веществ в транспортном потоке являются двигатели транспортных средств. Для оценки автомобильных двигателей как источника загрязнения используют показатели, учитывающие химический состав и количество отработавших газов, а также энергетические показатели транспортных средств в конкретных или усредненных условиях эксплуатации [1].

Интенсивность выбросов i -го загрязняющего вещества (ЗВ), выделяемого двигателем в единицу времени (г/ч) зависит от концентрации i -го ЗВ в отработавших газах C_i и объемного выброса отработавших газов $Q_{ог}$ [1]:

$$G_i = C_i \cdot Q_{ог}, \quad (1)$$

где C_i – концентрация i -го загрязняющего вещества, г/м³; $Q_{ог}$ – объемный расход отработавших газов, м³/ч.

Расчет количества вредных выбросов, выделяемых транспортным потоком по методикам¹ [6,7], производится на основе общепринятого показателя $m_{\pi i}$ – выброса i -го загрязняющего вещества одним автомобилем на единицу пройденного пути (г/км), который называют пробеговым выбросом [1]:

$$m_{\pi i} = G_i / V, \quad (2)$$

где V – скорость движения автомобиля, км/ч.

Массовый выброс M_{Li} i -го загрязняющего вещества автомобилями одного типа, число которых равно N , будет в N раз больше:

$$M_{Li} = m_{Li} \cdot N = m_{\pi i} \cdot l \cdot N, \quad (3)$$

где l – длина участка магистрали, км; m_{Li} – пробеговой выброс загрязняющего вещества одним транспортным средством.

Интенсивность движения транспортного потока λ (авт./ч) определяется отношением числа автомобилей N к интервалу времени T (час): $\lambda = N / T$. Тогда массовый выброс M_{Li} (i -го загрязняющего вещества) транспортным потоком можно связать с интенсивностью движения и длиной участка:

$$M_{Li} = m_{Li} \cdot \lambda \cdot T = m_{\pi i} \cdot l \cdot \lambda \cdot T. \quad (4)$$

Обычно в транспортном потоке движутся транспортные средства различного типа. Они оснащены разными двигателями. Для учета типов транспортных средств, движущихся в потоке, применяют известную формулу [2,6,7] в том или ином виде:

$$M_{\Sigma Li} = \sum_{k=1}^n m_{\pi ik} \cdot l_k \cdot \lambda_k, \quad (5)$$

где $m_{\pi ik}$ – пробеговой выброс i -го загрязняющего вещества транспортным средством типа k ; n – число типов транспортных средств $k=1, 2, \dots, n$; l_k – длина участка магистрали, проходимого транспортным средством типа k ; λ_k – интенсивность движения транспортных средств типа k на участке магистрали.

В таком виде формула (5) учитывает движение транспортных средств разного типа по различным полосам движения. В действующих методиках применяются разные критерии для разбиения транспортных средств на типы. Подход к расчету выбросов ЗВ, используемый в методах [6,7], справедлив для стационарного режима движения транспортного потока.

Известно, что движение транспортных средств в городских условиях обычно является нестационарным [1]. Автомобили движутся в режимах разгона и замедления. В режиме разгона увеличиваются выбросы ЗВ, а в режиме замедления – снижаются⁶ [1].

⁵ Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учебное пособие для высшей школы. 2-е изд., испр. и доп. М.: Академический Проект, 2004. 400 с.

⁶ Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учебное пособие для высшей школы. 2-е изд., испр. и доп. М.: Академический Проект, 2004. 400 с.

В данной работе предлагается в расчетах выбросов загрязняющих веществ от транспортных потоков учитывать среднюю скорость движения на тех участках магистрали, где поток движется стационарно, а на элементах магистрали, где поток нестационарный – учитывать дополнительные выбросы. Дополнительный выброс загрязняющих веществ от транспортного потока следует рассматривать по отдельности, в случаях если автомобили выполняли остановку (присутствуют режимы замедления, холостой ход и разгон), и ситуацию, когда автомобили подвергаются задержке, но не останавливаются (замедление и разгон).

Основное влияние как на расход топлива, так и на выбросы токсичных веществ оказывает режим разгона. Для учета влияния интенсивности разгона и замедления на выброс загрязняющих веществ автомобилями предлагается использовать поправочные коэффициенты⁷:

$$k_p = m_{прvi} / m_{пви}, \quad (6)$$

где k_p – коэффициент, учитывающий влияние интенсивности разгона на выброс загрязняющих веществ; $m_{прvi}$ – пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества в режиме разгона до скорости V ; $m_{пви}$ – пробеговый выброс i -го загрязняющего при движении автомобиля со скоростью V ;

$$k_z = m_{пзvi} / m_{пви}, \quad (7)$$

где k_z – коэффициент, учитывающий влияние интенсивности замедления на выброс загрязняющих веществ; $m_{пзvi}$ – пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества в режиме замедления со скорости V до остановки.

В таблице 1 приведены известные значения коэффициентов k_p , k_z для разных режимов движения транспортных средств с бензиновыми и дизельными двигателями по данным работы².

Для учета режимов движения предлагается рассчитывать массовый выброс загрязняющих веществ по формулам (8) и (9):

$$m_{Lpi} = m_{при} \cdot l_p = k_p \cdot m_{пи} \cdot l_p, \quad (8)$$

$$m_{Lzi} = m_{пзи} \cdot l_z = k_z \cdot m_{пи} \cdot l_z. \quad (9)$$

Длину участка магистрали, на которой происходит разгон транспортного средства и торможение, предлагается рассчитывать по формулам:

$$l_p = \frac{V^2}{2 \cdot a}, \quad (10)$$

ТАБЛИЦА 1

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАЗНЫХ ТИПОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ РАЗГОНЕ (k_p) И ЗАМЕДЛЕНИИ (k_z)²

TABLE 1

THE VALUES OF COEFFICIENTS FOR DIFFERENT TYPES OF VEHICLES WHILE ACCELERATION (k_p) AND DECELERATION (k_z)²

Разгон (замедление) до V	Тип ТС	k_p				k_z			
		CO	C _x H _y	NO _x	час-тицы	CO	C _x H _y	NO _x	час-тицы
20 км/ч	BM1	13,1	5,2	13,2	–	0,3	0,3	0,1	–
	BM3	16,9	5,6	6,3	–	0,2	0,3	0,04	–
	DM3	1,3	1,5	5,6	18,2	0,2	0,2	0,1	0,22
60 км/ч	BM1	17,8	3,7	6,0	–	0,06	0,05	0,01	–
	BM3	6,5	2,9	0,7	–	0,08	0,16	0,01	–
	DM3	1,3	0,7	1,3	6,2	0,09	0,03	0,01	0,02

Примечание. В – бензиновые; D – дизельные.

⁷ Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология: Учебник для вузов / под ред. В.Н. Луканина. М.: Высш. шк., 2001. 273 с.

где V – установившаяся скорость движения, м/с; a – ускорение, м/с².

$$l_3 = \frac{V^2}{2 \cdot j}, \quad (11)$$

где j – замедление, м/с².

Для выполнения расчетов численное значение ускорения и замедления предлагается принимать исходя из служебных режимов, а не экстренных ($a=1,5$ м/с², $j=2,5$ м/с²) [12].

Дополнительный выброс загрязняющих веществ, связанный с остановкой, присутствует в первую очередь на элементах городских магистралей со светофорным регулированием (например регулируемый пешеходный переход). При этом продолжительность остановки и частота прерывания зависят не только от структуры светофорного цикла регулирования, но и от режима работы светофорного объекта [13,14,15].

Дополнительный выброс i -го загрязняющего вещества (g) одним транспортным средством за время остановки, с учетом формулы (1), можно рассчитывать по формуле

$$d_i = C_i \cdot Q_{ог} \cdot t_{xx}, \quad (12)$$

где t_{xx} – время работы двигателя на холостом ходу, ч.

Условный расход отработавших газов, по данным работы⁸, определяется:

$$Q_{ог} = \frac{i \cdot V_h \cdot n}{30 \cdot \tau}, \quad (13)$$

где i – число цилиндров; V_h – рабочий объем цилиндра, л; n – частота вращения коленчатого вала, об./мин.; τ – тактность двигателя (2 или 4).

Концентрация i -го загрязняющего вещества C_i в отработавших газах зависит от вида топлива и в настоящее время нормируется для транспортных средств по оксиду углерода для бензиновых и по саже для дизельных.

В соответствии с методиками [6,7] дополнительный выброс рассчитывается по формуле

$$d_i = m_{xxi} \cdot t_{xx}, \quad (14)$$

где m_{xxi} – удельный выброс i -го ЗВ при работе двигателя на холостом ходу, г/мин.

Для объективной оценки качества ОДД на участке городской магистрали по экологическим показателям расчеты предлагается проводить по рекомендациям HCM [16], а именно исключаям уровень обслуживания F (level of service (LOS) F), при котором потоки нестабильны либо задержки движения продолжительны [17,18,19,20].

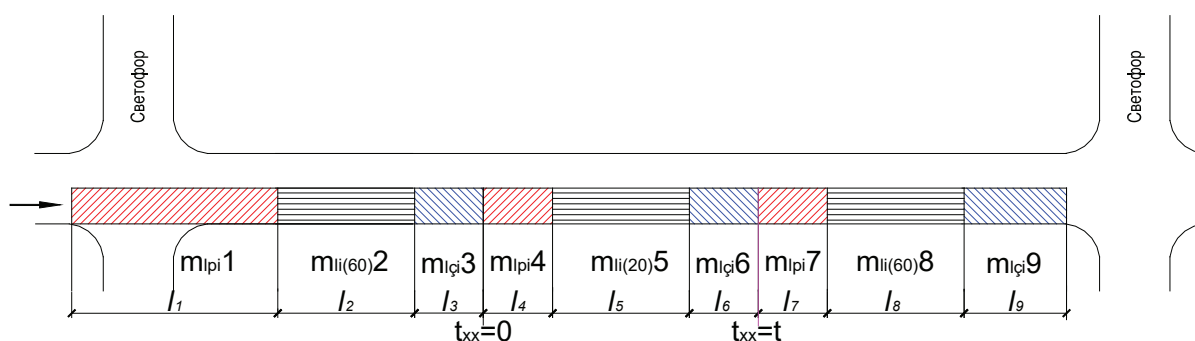


Рисунок 1 – Расчетная схема участка магистрали (сегмента)

Figure 1 – Design scheme of the highway section (segment)

⁸ Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учебное пособие для высшей школы. 2-е изд., испр. и доп. М.: Академический Проект, 2004. 400 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для сопоставления результатов расчетов выбросов загрязняющих веществ от одного легкового автомобиля, движущегося с соблюдением правил дорожного движения⁹ по предлагаемой методике и методике ГОСТ¹⁰, смоделирован участок городской магистрали длиной 1 км, на котором присутствует девять участков, показанных на рисунке 1. Характеристика движения на участках: 1 – режим разгона от стоп-линии до набора постоянной скорости 60 км/ч; 2 – движение с постоянной скоростью 60 км/ч; 3 – замедление до остановки; 4 – разгон до скорости 20 км/ч; 5 – движение с постоянной скоростью 20 км/ч; 6 – замедление до остановки, с продолжительностью остановки 15 с; 7 – разгон до скорости 60 км/ч; 8 – движение с постоянной скоростью 60 км/ч; 9 – замедление до остановки у стоп-линии.

Результаты расчетов выбросов оксида углерода на каждом из участков, учитывающие неравномерность движения, представлены в таблице 2.

Средняя скорость движения при прохождении автомобилем данного участка составила 8,22 м/с (примерно 30 км/ч).

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Суммарный массовый выброс загрязняющих веществ на смоделированном участке магистрали одним легковым автомобилем для оксида углерода (CO) и оксидов азота (NO_x), рассчитанный по методике ГОСТа [6] и предлагаемой методикой, представлен на рисунке 2. На этом же рисунке даны значения выбросов этих же ЗВ при движении одного легкового автомобиля по эталонному участку (движение с постоянной скоростью 60 км/ч). Разница в

ТАБЛИЦА 2
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ВЫБРОСОВ ОКСИДА УГЛЕРОДА (CO) ОДНИМ ЛЕГКОВЫМ АВТОМОБИЛЕМ НА УЧАСТКЕ МАГИСТРАЛИ (СЕКМЕНТА) ДЛИНОЙ 1 КМ

TABLE 2
ORIGINAL DATA AND CALCULATION RESULTS OF THE CARBON MONOXIDE EMISSIONS (CO) BY ONE CAR ON THE HIGHWAY SECTION (SEGMENT) WITH 1 KM LENGTH

Параметр	Значения									
T, с	11	15	7	4	36	2	15	11	14	7
t _{хх} , мин.	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0
m _{ххСО} , г/мин.	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0
a, м/с ²	1,5	0	0	1,5	0	0	0	1,5	0	0
j, м/с ²	0	0	2,5	0	0	2,5	0	0	0	2,5
V, м/с	0	16,67	0	0	5,56	0	0	0	16,67	0
k _з	0	0	0,06	0	0	0,3	0	0	0	0,06
k _р	17,8	0	0	13,1	0	0	0	17,8	0	0
l _з , м	0	0	55,58	0	0	6,18	0	0	0	55,58
l _р , м	92,63	0	0	10,30	0	0	0	92,63	0	0
l, м	0	250	0	0	200	0	0	0	237	0
m _{пзСО} , г/км	0	0	0,063	0	0	1,26	0	0	0	0,063
m _{прСО} , г/км	18,69	0	0	55,02	0	0	0	18,69	0	0
m _{пСО} , г/км	0	1,05	0	0	4,2	0	0	0	1,05	0
Участок	m _{Lpco-1}	m _{Lco-2} (60)	m _{Lpco-3}	m _{Lpco-4}	m _{Lco-5} (20)	m _{Lpco-6}	d _{co-}	m _{Lpco-7}	m _{Lco-8} (60)	m _{Lpco-9}
Выбросы CO, г	1,731	0,263	0,004	0,567	0,840	0,008	0,125	1,731	0,249	0,004

⁹ Правила дорожного движения Российской Федерации. М., «Атберг 98», 2018. 64 с.

¹⁰ ГОСТ Р 56162-2014 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов. М., «Стандартинформ», 2014. 10 с.

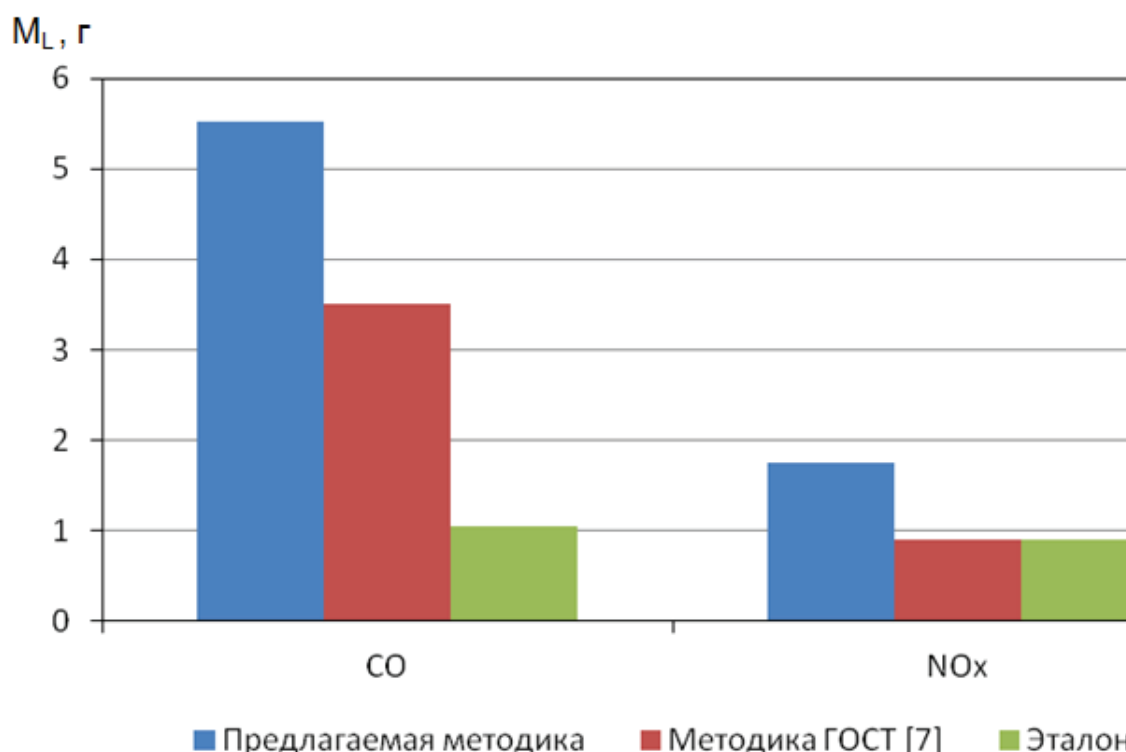


Рисунок 2 – Суммарный массовый выброс загрязняющих веществ одним легковым автомобилем при движении на смоделированном участке магистрали длиной 1 км
Figure 2 – Total mass emission by one car driving on the simulated highway section with 1 km length

результатах расчетов выбросов оксида углерода по предлагаемой методике и методике ГОСТа составила 57%, а по выбросам оксидов азота 94%.

Представленные результаты расчетов выбросов загрязняющих веществ позволяют сделать вывод о том, что учет режимов движения нестационарного транспортного потока помогает производить более точную оценку качества ОДД на участке городской магистрали и ее отдельных элементах по экологическим показателям, чем действующие методики. Кроме того, предлагаемая методика позволит выполнять расчеты по оценке проектов организации дорожного движения¹¹ и мероприятий, направленных на снижение вредного воздействия транспортных потоков на окружающую среду примагистральных территорий населенных пунктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Экологическая безопасность транспортных потоков / А.Б. Дьяков, Ю.В. Игнатьев, Е.П. Коншин и др.; под ред. А.Б. Дьякова. М.: Транспорт, 1989. 128 с.
2. Донченко В.В., Кунин Ю.И., Рузский А.В., Виженский В. Методы расчета выбросов от автотранспорта и результаты их применения // Журнал автомобильных инженеров. 2014. №3 (86). С. 44 – 51.
3. Zheng, L., Zhu, C., Zhu, N., He, T., Dong, N., Huang, H. Feature selection-based approach for urban short-term travel speed prediction. // IET Intelligent Transport Systems. 2018. 12 (6), pp. 474-484. DOI: 10.1049/iet-its.2017.0059.
4. Волков В.С., Тарасова Е.В. Мониторинг городской окружающей среды с учетом деятельности автомобильного транспорта //

¹¹ Разработка проектов организации дорожного движения на автомобильных дорогах общего пользования местного значения, относящихся к собственности муниципального образования, город Омск, Омской области: отчет о НИР (заключ.): 87-17 / СиБАДИ; рук. Е.В. Парсаев; исполн.: Е.В. Парсаев [и др.]. Омск, 2018. 92 с. регистр. № АААА-А17-117120620156-6.

Современные проблемы науки и образования. 2014. №2. С. 20.

5. Кораблев Р.А., Тарасова Е.В., Белокуров В.П., Мещеряков П.В. Расчет концентрации выбросов загрязняющих веществ автомобильным транспортом на территории г. Воронежа // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2015. Т. 2. №1. С. 210 – 213.

6. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. СПб., НИИ Атмосфера, 2010 г. 15 с.

7. Методика расчетов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях. М, НИИАТ, 1997 г. 54 с.

8. Мармилов А.Ю., Кудрявцев А.Н., Алдошин В.Д., Муравьева Н.А. Экологическая экспертиза определения выбросов вредных веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. Воронеж: Изд-во Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2016. Том 3. №2. С. 332 – 336. DOI: 10.12737 / 20734.

9. Тарасова Е.В., Волков В.С. Расчет суммарного выброса загрязняющих веществ в зависимости от удаленности от дороги // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. №1. С. 291 – 293.

10. Сулейманов И.Ф., Бондаренко Е.В., Филиппов А.А., Федотов А.М. Особенности организации движения автомобилей по экологическим критериям // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Том 21. №6. С. 149 – 158. DOI: 10.21285 / 1814-3520-2017-6-149-158.

11. Перечень методик, используемых в 2018 году для расчета, нормирования и контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. СПб, АО «НИИ Охраны атмосферного воздуха» АО «НИИ Атмосфера», 2017. 44 с.

12. Балакин В.Д., Щипан И.В. Реконструкция механизма дорожно-транспортного происшествия со столкновением легковых

автомобилей // Вестник СибАДИ. 2014. №2 (36). С. 7 – 12.

13. Ryabokon Y. The method of determining the number of phases in the traffic light cycle on the allowable intensity of conflicting flows. Transportation research procedure. 2017. 20, pp. 571-577. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.092.

14. Kashtalinsky A., Petrov V., Ryabokon Y. Method Considering Traffic Stream Variability over Time when Determining Multiprogram Control Modes at Signaled Intersections. Transportation Research Procedia, 2017. pp. 277-282. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.022.

15. Beaudoin, J., Farzin, Y.H., Lin Lawell, C.-Y.C. Public transit investment and sustainable transportation: A review of studies of transit's impact on traffic congestion and air quality // Research in Transportation Economics. 2015. 52, pp. 15-22. DOI: 10.1016/j.retrec.2015.10.004.

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

17. Bourliva A., Kantiranis N., Papadopoulou L., Aidona E., Christophoridis, C., Kollias P., Evgenakis M., Fytianos K. Seasonal and spatial variations of magnetic susceptibility and potentially toxic elements (PTEs) in road dusts of Thessaloniki city, Greece: A one-year monitoring period // Science of the Total Environment. 2018. 639, pp. 417-427. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.170.

18. Hao X., Zhang X., Cao X., Shen X., Shi J., Yao Z. Characterization and carcinogenic risk assessment of polycyclic aromatic and nitro-polycyclic aromatic hydrocarbons in exhaust emission from gasoline passenger cars using on-road measurements in Beijing, Chin // Science of the Total Environment. 2018. 645, pp. 347-355. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.113.

19. Hatefi S.M. Strategic planning of urban transportation system based on sustainable development dimensions using an integrated SWOT and fuzzy COPRAS approach // Global Journal of Environmental Science and Management. 2018. 4 (1), pp. 99-112. DOI: 10.22034/gjesm.2018.04.01.010.

20. Dimitriou L., Efthymiou D., Antoniou C. Saving lives through faster emergency unit response times: Role of accessibility and environmental factors // Journal of Transportation Engineering Part A: Systems. 2018. 144 (9), статья № 04018053, DOI: 10.1061/JTEPBS.0000169.

REFERENCES

1. D'jakov A.B., Ju.V. Ignat'ev, E.P. Konshin i dr. *Ekologicheskaja bezopasnost' transportnyh potokov* [Ecological safety of traffic flows]. Moscow, Transport, 1989. 128 p. (in Russian)
2. Donchenko V.V., Kunin JU.I., Ruzskij A.V., Vizhenskij V. Metody rascheta vybrosov ot avtotransporta i rezul'taty ih primeneniya [Methods for calculating emissions from vehicles and the results of their usage]. *Zhurnal avtomobil'nyh inzhenerov*, 2014, no 3 (86), pp. 44 – 51. (in Russian)
3. Zheng L., Zhu, C., Zhu N., He, T., Dong N., Huang, H. Feature selection-based approach for urban short-term travel speed prediction // *IET Intelligent Transport Systems*, 2018, 12 (6), pp. 474-484. DOI: 10.1049/iet-its.2017.0059.
4. Volkov V.S., Tarasova E.V. Monitoring gorodskoj okruzhajuschej sredy s uchetom dejatel'nosti avtomobil'nogo transporta [Monitoring of the urban environment taking into account the activities of road transport]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, no 2, pp. 20. (in Russian)
5. Korablev R.A., Tarasova E.V., Belokurov V.P., Mescherjakov P.V. Raschet kontsentratsii vybrosov zagryaznjajuschih veschestv avtomobil'nyim transportom na territorii g. Voronezha [Calculation of the concentration of pollutant emissions in Voronezh]. *Al'ternativnye istochniki `energii v transportno-tehnologicheskome komplekse: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya*, 2015, T. 2, no 1, pp. 210 – 213. (in Russian)
6. *Metodika opredeleniya vybrosov avtotransporta dlya provedeniya svodnyh raschetov zagryazneniya atmosfery gorodov* [Method for determining emissions of motor vehicles for carrying out summary calculations of urban atmospheric pollution]. SPb., NII Atmosfera, 2010, 15 p. (in Russian)
7. *Metodika raschetov vybrosov v atmosferu zagryaznjajuschih veschestv avtotransportom na gorodskih magistraljah* [Methodology for calculating emissions of pollutants into the atmosphere by road transport on city highways]. Moscow, NIIAT, 1997, 54 p. (in Russian)
8. Marmilov A.Ju., Kudrjavitsev A.N., Aldoshin V.D., Murav'eva N.A. `Ekologicheskaja `ekspertiza opredeleniya vybrosov vrednyh veschestv v atmosferyj vozduh ot avtotransportnyh potokov [Ecological examination of the determination of emissions of harmful substances into the atmospheric air from traffic flows]. *Al'ternativnye istochniki `energii v transportno-tehnologicheskome komplekse: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya*. Voronezh: Izd-vo Voronezhskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet im. G.F. Morozova, 2016, Tom 3, no 2, pp. 332 – 336. DOI: 10.12737 / 20734. (in Russian)
9. Tarasova E.V., Volkov V.S. *Raschet summarnogo vybrosa zagryaznjajuschih veschestv v zavisimosti ot udalennosti ot dorogi* [Calculation of the total emission of pollutants depending on distance from the road]. *Al'ternativnye istochniki `energii v transportno-tehnologicheskome komplekse: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya*, 2014, no 1, pp. 291 – 293. (in Russian)
10. Sulejmanov I.F., Bondarenko E.V., Filippov A.A., Fedotov A.M. *Osobennosti organizatsii dvizheniya avtomobilej po `ekologicheskim kriterijam* [Features of the organization of the movement of cars on environmental criteria]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2017, Tom 21, no 6, pp. 149 – 158. DOI: 10.21285 / 1814-3520-2017-6-149-158. (in Russian)
11. *Perechen' metodik, ispol'zuemyh v 2018 godu dlya rascheta, normirovaniya i kontrolja vybrosov zagryaznjajuschih veschestv v atmosferyj vozduh* [The list of methods used in 2018 to calculate, normalize and control emissions of pollutants into the atmosphere]. SPb, AO «NII Ohrany atmosferyj vozduha» AO «NII Atmosfera», 2017. 44 p. (in Russian)
12. Balakin V.D., Schipan I.V. *Rekonstruktsija mehanizma dorozhno-transportnogo proisshestviya so stolknoveniem legkovykh avtomobilej* [Reconstruction of the mechanism of road and transport incident with the collision of cars]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 2 (36), pp. 7 – 12. (in Russian)
13. Ryabokon Y. The Method of Determining the Number of Phases in the Traffic Light Cycle on the Allowable Intensity of Conflicting Flows. *Transportation Research Procedia*. 2017. 20, pp. 571-577. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.092.
14. Kashtalinsky, A., Petrov, V., Ryabokon, Y. Method Considering Traffic Stream Variability over Time when Determining Multiprogram Control Modes at Signaled Intersections. 2017. *Transportation Research Procedia*, 20, pp. 277-282. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.022.

15. Beaudoin J., Farzin Y.H., Lin Lawell C.-Y.C. Public transit investment and sustainable transportation: A review of studies of transit's impact on traffic congestion and air quality // *Research in Transportation Economics*. 2015. 52, pp. 15-22. DOI: 10.1016/j.retrec.2015.10.004.

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

17. Bourliva A., Kantiranis N., Papadopoulou L., Aidona E., Christophoridis C., Kollias P., Evgenakis M., Fytianos K. Seasonal and spatial variations of magnetic susceptibility and potentially toxic elements (PTEs) in road dusts of Thessaloniki city, Greece: A one-year monitoring period // *Science of the Total Environment*. 2018. 639, pp. 417-427. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.170.

18. Hao X., Zhang X., Cao X., Shen X., Shi J., Yao Z. Characterization and carcinogenic risk assessment of polycyclic aromatic and nitro-polycyclic aromatic hydrocarbons in exhaust emission from gasoline passenger cars using on-road measurements in Beijing, China // *Science of the Total Environment*. 2018. 645, pp. 347-355. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.113.

19. Hatefi S.M. Strategic planning of urban transportation system based on sustainable development dimensions using an integrated SWOT and fuzzy COPRAS approach // *Global Journal of Environmental Science and Management*. 2018. 4 (1), pp. 99-112. DOI: 10.22034/gjesm.2018.04.01.010.

20. Dimitriou L., Efthymiou D., Antoniou C. Saving lives through faster emergency unit response times: Role of accessibility and environmental factors // *Journal of Transportation Engineering Part A: Systems*. 2018. 144 (9), статья № 04018053, DOI: 10.1061/JTEPBS.0000169.

Поступила 01.08.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Парсаев Евгений Вячеславович – старший преподаватель кафедры «Организация и безопасность движения» ФГБОУ ВО «СибАДИ» ORCID 0000-0002-0897-6759 (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Малюгин Павел Николаевич – канд. техн. наук, доц. кафедры «Организация и безопасность движения» ФГБОУ ВО «СибАДИ» ORCID 0000-0002-1569-8136 (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Тетерина Ирина Алексеевна – канд. техн. наук, научный сотрудник научно-исследовательского отдела ФГБОУ ВО «СибАДИ» ORCID 0000-0001-8012-8511 (644080, г. Омск, e-mail: iateterina@mail.ru).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Parsaev Evgeny Vyacheslavovich – Senior Lecturer of the Organization and Security of the Movement Department, Siberian State Automobile and Highway University ORCID 0000-0002-0897-6759 (644080, Omsk, 5, Mira Ave.).

Malyugin Pavel Nikolaevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Organization and Security of the Movement Department, Siberian State Automobile and Highway University ORCID 0000-0002-1569-8136 (644080, Omsk, 5, Mira Ave.).

Teterina Irina Alekseevna – Candidate of Technical Science, Researcher of the Scientific Research Department, Siberian State Automobile and Highway University ORCID 0000-0001-8012-8511 (644080, Omsk, e-mail: iateterina@mail.ru).

ВКЛАД АВТОРОВ

Парсаев Е.В. Предложена методика по оценке качества ОДД по экологическим показателям, учитывающая неравномерность движения транспортного потока на элементах городской магистрали.

Малюгин П.Н. Составлены детализированные выражения для определения массовых выбросов загрязняющих веществ одним автомобилем, N числом автомобилей

при движении на участке городской магистрали. Проверка и корректировка статьи.

Тетерина И.А. Выполнение сравнительных расчетов выбросов загрязняющих веществ по методике ГОСТа и предлагаемой методике.

AUTHORS CONTRIBUTION

Parsaev E.V. The technique for assessing the quality of TO for environmental indicators is proposed, taking into account the unevenness

of traffic flow on the elements of the urban highway.

Malyugin P.N. Detailed expressions have been prepared for the determination of mass emissions by a single vehicle, N number of cars while driving by highway section. Correction of the article is made.

Teterina I.A. Implementation of comparative emission calculations by the GOST technique and the proposed methodology.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РОССИЙСКИХ ГОРОДОВ

Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов
ФГБОУ ВО «СибАДИ»,
г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В большинстве крупных городов России накопились проблемы, связанные с заторами, экологией, дорожной безопасностью. На их решение направлены документы стратегического планирования, предусматривающие корректировку генплана, совершенствование транспортной и маршрутной сети, повышение безопасности движения, улучшение экологических показателей и доступности для инвалидов. В статье представлены результаты апробированных научных исследований, проведенных в крупных городах России. Приведен обзор литературы по данной тематике, учтены достижения зарубежной науки.

Материалы и методы. Приводятся современные подходы к совершенствованию систем общественного транспорта, дано обоснование эффективности скоростных видов транспорта, организации транспортного обслуживания инвалидов и маломобильных групп населения, безопасности движения, экологии, реализации мероприятий «Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года». В качестве критерия эффективности совершенствования транспортной инфраструктуры использован уровень ее загрузки различными видами транспорта.

Результаты. Рассмотрены вопросы влияния формы города на формирование транспортного каркаса, плотность расселения и эффективность городской застройки. Предложены новые методы прогнозирования транспортного спроса населения, уровня развития транспортных систем и оценки их доступности. Разработаны алгоритмы и даны рекомендации по снижению загрузки транспортной инфраструктуры, по повышению ее производительности и доступности. Это достигается за счет перераспределения транспортных и пассажирских потоков между видами транспорта.

Заключение. Необходимо постоянно совершенствовать нормативную и методическую базу транспортной отрасли, улучшая показатели функционирования транспортной инфраструктуры современных городов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: транспортная инфраструктура, городской пассажирский транспорт, безопасность, доступность, эффективность.

© Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

IMPROVEMENT OF THE RUSSIAN CITIES' TRANSPORT INFRASTRUCTURE

E.A. Safronov, K.E. Safronov

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI),
Omsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. The problems of congestion, ecology, and road safety in most of Russia's major cities have been accumulated in the paper. Strategic planning documents aimed at updating the gene plan, improving the transport and route network, improving traffic safety, improving environmental performance and accessibility for people with disabilities are sent for such important problems solution. The paper presents the results of the scientific research conducted in large cities of Russia. Moreover, the review of the literature is presented, and the achievements of foreign science are taken into account.

Materials and methods. Modern approaches to improving the system of public transport are given, the efficiency of high-speed transport modes, the organization of transport services for the disabled and low-mobility groups, traffic safety, ecology, and the implementation of the "Transport Strategy of the Russian Federation until 2030" are approved. As a criterion for the efficiency of improving the transport infrastructure, the level of its loading by various modes of transport is used.

Results. The problems of influence of the city form on the formation of the transport frame, of the density of settlement and of the efficiency of urban development are considered. New methods of predicting the transport demand of the population, the level of the transport systems' development and assessing accessibility are proposed. Therefore, the developed algorithms and recommendations for reducing the volume of transport infrastructure helps to improve its performance and availability. Such effect is achieved through the redistribution of transport and passenger flows between different modes of transport.

Discussion and conclusion. The authors comes to the conclusion that it is necessary to improve the regulatory and methodological base of the transport industry constantly, improving the performance of the transport infrastructure of modern cities.

KEYWORDS: transport infrastructure; urban passenger transport; road safety; accessibility; efficiency.

© E.A. Safronov, K.E. Safronov



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

В России проявились ограничения развития экономики, связанные со слабым развитием транспортной системы. Технические характеристики транспорта, его инфраструктуры не дают эффективно решать задачи растущей экономики. Основным документом по развитию транспортной системы страны является «Транспортная стратегия России на период до 2030 г.» Цели стратегии – обеспечение доступности и качества транспортных услуг в области перевозок в соответствии с социальными стандартами, повышение уровня безопасности, снижение негативного воздействия транспортной системы на окружающую среду. Для выполнения указанных целей необходимо обратиться к накопленному отечественному и международному опыту.

Городское пространство необходимо переосмыслить для оптимизации транспортных потоков, а также для увеличения использования пешеходного движения и велосипедов [1]. К 2030 году необходимо обеспечить всех жителей безопасными, недорогими, доступными и экологичными транспортными системами на основе повышения безопасности дорожного движения, в частности, расширить использование общественного транспорта для маломобильных пассажиров [2].

В статье [3] авторы подтверждают гипотезу о том, что улучшение безопасности дорожного движения может быть достигнуто за счет поддержки общественного пассажирского транспорта из государственных средств. Для этого пассажиры должны отказаться от легковых автомобилей в пользу общественного транспорта. Доля поездок на общественном транспорте на душу населения в сутки составляет: США (2%), Австрия (17%), Швеция (14%), Германия (12%), Великобритания (10%), Норвегия (10%), Франция (8%), Финляндия (8%) и Швейцария (24%) [4]. Несколько факторов объясняют более низкий пассажиропоток общественного транспорта в Соединенных Штатах, чем в Европе и Канаде. Во-первых, США имеют более низкую плотность населения и более низкую плотность пригородной инфраструктуры, часто со строгим разделением землепользования. Низкую плотность населения трудно эффективно обслуживать на общественном транспорте [5, 6]. Во-вторых, легкая доступность автомобилей и низкая стоимость владения затрудняют конкуренцию общественному транспорту [7]. В-третьих, удобное транспортное сообщение с бесплатной пар-

ковкой делает вождение очень привлекательным и дешевым [8]. Наконец, в нескольких исследованиях было выявлено низкое качество общественного транспорта в Соединенных Штатах по сравнению с другими странами.

По прогнозам специалистов, в ближайшие 30 лет конкуренцию общественному транспорту могут составить индивидуальные беспилотные транспортные средства (Connected And Automated Vehicles (CAV)) [9]. Однако CAV- технологии сталкиваются в урбанизированных районах со сложной уличной средой и ограниченной пропускной способностью дорожной инфраструктуры, особенно во время пиковых часов. Таким образом, общественный транспорт сохранит свою важную роль в обеспечении мобильности для всех. Однако правительствам придется сделать общественный транспорт более привлекательным, чтобы эффективно конкурировать с автомобилями. Прежде всего, это требует ориентации на клиента, использования новых автоматизированных технологий, интеграции общественного транспорта с другими мобильными службами, региональную координацию и интеграцию услуг общественного транспорта и землепользования.

Традиционная причина введения платы за дорогу – это получение доходов для строительства новых и поддержания существующих дорог. Вторая и даже более важная причина – преодолеть заторы и загрязнение воздуха [10]. Использование такого метода финансирования распространено в скандинавских странах [11, 12] и США [13].

Акцизы могут быть определены в целом как косвенные налоги избирательного характера. Учитывая, что потребление топлива напрямую зависит от объема использования транспорта, некоторые государства (например, Германия, Швейцария) ввели определенную долю сбора акцизов в качестве источника финансовой поддержки общественного пассажирского транспорта [11]. Таким образом, более высокая цена на топливо предполагает более низкие тарифы в общественном пассажирском транспорте, и сокращение пробок и выбросов парниковых газов. Помимо некоторых государств-членов ЕС этот метод финансирования общественного транспорта также используется в США [14].

Наибольшую популярность в последнее время получили безопасные и производительные системы скоростного рельсового транспорта, которые входят в город и соединяются с пешеходными зонами, прокатом ве-

лосипедов, трамваем, легкой железной дорогой, метро, прокатом автомобилей и т. д. Такие системы снижают использование индивидуального транспорта и повышают безопасность перевозок.

Анализ исследований, имеющих отношение к доступным транспортным средствам и технологиям, показал активное использование интеллектуальных транспортных систем (ITS) и беспроводных технологий [15]. Потребность в навигации испытывают пожилые люди и инвалиды, использующие транзитные услуги. Montello & Sas [16] дают обзор человеческих факторов, связанных с поиском и навигацией, не связанными с мобильностью человека и применимыми ко всем пользователям транзитных систем. Thatcher и др. [17] сосредоточена на инвалидах и стареющем населении, чье зрение, слух и / или мобильность снижаются. В отчете [18] говорится, что не было найдено ни одной литературы, в которой обсуждаются широко развернутые технологии навигации и навигации для пешеходов, разработанные специально для пожилых людей и ветеранов-инвалидов. Можно сделать вывод о том, что проблемы с навигацией и адаптацией связаны в первую очередь с отсутствием фундаментальных подходов к оценке доступности.

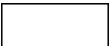
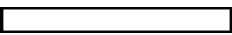
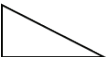
ТОПОЛОГИЯ ТРАНСПОРТНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ

Городской пассажирский транспорт (ГПТ) содержит различные подсистемы, необходимые для качественного и безопасного обслуживания пассажиров, включая инвалидов и маломобильных. Особое значение играет кадровый состав, от его профессионализма зависит безопасность и качество обслуживания.

Важную роль в градостроительстве играет форма генплана города. В каждом конкретном случае она формируется под влиянием исторических, культурных, экологических и географических факторов. Схема города по контурам может быть вписана в квадрат, круг, треугольник, прямоугольник, ленту и т.д. Наиболее рациональная форма – круг, у него при меньшем периметре наибольшая площадь, что влияет на плотность населения и ряд других показателей (таблица). Расчеты по шести геометрическим фигурам проводились при равной длине их периметра $P=20$ км. Численность населения городов для всех вариантов определена из расчета заданной плотности $\delta=10$ тыс. жителей на 1 км^2 .

От формы города зависят затраты на строительство инженерных и транспортных сетей, расходы на их обслуживание и эксплуатацию. Компактность города позволяет формиро-

ТАБЛИЦА
ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ПЛАНА ГОРОДА
TABLE
PLANNING INDICATORS OF VARIOUS FORMS OF THE CITY PLAN

Форма плана, периметр 20 км	Геометрическая фигура	Соотношение сторон	Площадь фигуры, км ²	Численность населения при плотности 10 тыс. жит./км ²	Доля населения, %
Круг		-	31,56	315,6	100,0
Квадрат		1:1	25,0	250,0	79,0
Прямоугольник		1:4	16,0	160,0	50,7
Широкая лента		1:9	9,0	90,0	28,0
Узкая лента		1:15,6	5,64	56,4	17,8
Треугольник		5,8:5,8	16,8	168,0	53,0

вать эффективную систему общественного транспорта, что влияет на качество жизни населения.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГОРОДСКОЙ МАРШРУТНОЙ СЕТИ

Общей проблемой крупных городов стала перегрузка улично-дорожной сети (УДС), что явилось следствием быстрой автомобилизации и роста числа маршрутных такси. Эти виды транспорта обладают низкой провозной способностью, но из-за большого количества оказывают влияние на загрузку улиц. При этом муниципальный парк автобусов большой вместимости оказался практически полностью изношен. Для поиска компромиссных решений предложена методика управления транспортными потоками, позволяющая решать проблему загрузки подбором оптимальной по вместимости структуры парка подвижного состава пассажирского транспорта.

На основе научных исследований, проведенных в Омске, Сургуте, Нижневартовске, Бердске, в СибАДИ был разработан алгоритм по формированию доступной маршрутной сети [19]. Основным критерием при оптимизации загрузки является показатель загрузки УДС отдельными видами транспорта. Этот показатель определяется для каждого города и используется при принятии управленческих решений при совершенствовании маршрутной сети. Данный подход был использован в разных городах, в Омске объем перевозок на легковом транспорте составил 60%, в Сургуте 74%. Если при обновлении парка рационально распределить подвижной состав на маршрутах по вместимости, то можно снизить загрузку УДС. Еще большая перспектива открывается от использования новых видов ГПТ.

СКОРОСТНЫЕ ВИДЫ ТРАНСПОРТА

Основное направление в мире – это развитие скоростных рельсовых систем в крупных городах. Скорость достигается за счет внеуличного, иногда подземного расположения линий, имеющих приоритет при пересечении в одном уровне. Таким образом происходит оздоровление городов, повышается качество жизни населения. Хорошим примером явля-

ется сеть легкого метро (легкого рельсового транспорта – ЛРТ) г. Кельна. При населении в 1 млн жителей длина путей составляет 200 км, для сохранения исторического центра города под землей расположено 40 км из них.

В Омске сложилась непростая ситуация, связанная со строительством традиционного метрополитена (мелкого заложения). Сорокалетний долгострой продолжает поглощать средства так и не начав работать. Остро стоит вопрос о консервации или о реформировании объекта. Опыт европейских городов показал, что современные технологии рельсового транспорта наилучшим образом отвечают запросам населения. ЛРТ – всепогодный, комфортный, современный, экологичный, экономный, скоростной, безопасный и надежный внеуличный вид транспорта с огромным ресурсом и идеально подходит для внедрения в Омске [20].

В 2014 году в Омске прошел общественное обсуждение проект развития ЛРТ, разработанный агентством «Городские проекты» при участии профессора В.Вучика (США)¹. Стоимость первой очереди, протяженностью 20 км, составляла 10 млрд руб. и предусматривала совмещение построенной ветки метро и наземных трамвайных путей. Вся сеть предполагала протяженность 80 км и стоимость 24 млрд руб.

В ряде крупных городов РФ есть недостроенные метрополитены (Красноярск, Пермь, Уфа, Челябинск), развитие ЛРТ поможет рационально использовать их потенциал [21]. Омск бы мог стать полигоном для внедрения ЛРТ.

ДОСТУПНОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Организация транспортного обслуживания инвалидов – это требование нормативных и законодательных документов. Минтрансом РФ поставлены задачи обеспечить доступность пассажирского транспорта на уровне 55%. Обычно это подразумевает долю доступного подвижного состава в общем его количестве, сложнее оценить доступность УДС. Поэтому этот показатель нуждается в уточнении.

В СибАДИ разработана методика транспортного обслуживания населения городским

¹ Полная презентация В. Вучика и «Городских проектов» // Омск - Городские проекты - LiveJournal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://omchanin.livejournal.com/988206.html>. (дата обращения 20.08.2018).

пассажирским транспортом (ГПТ), которая включает систему оценки доступности [22]. Потребность в разработке показателей, отражающих доступность, возникла в связи с переходом РФ на цифровую экономику. С помощью нечеткой логики лингвистические характеристики, получаемые на основе экспертных оценок или измерения параметров, переводятся в балльную систему, которая показывает уровень доступности объектов². Формальные состояния, характеризующие доступность по нарастающей, выражены в коэффициентах доступности K_d :

$K_d = 1$ – объект недоступен;
 $K_d = 2$ – объект доступен с посторонней помощью;
 $K_d = 3$ – объект доступен (полностью, самостоятельно, всем).

Балльная система может быть использована для навигации и построения доступных маршрутов, а также в системе статистического учета.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

По данным ООН, в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) гибнет 1,3 млн чел. ежегодно и 50 млн получают ранения, ущерб оценивается в 0,5 трлн долл. Во исполнение поручения Президента РФ распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 января 2018 г. №1-р была утверждена «Стратегия безопасности дорожного движения в РФ на 2018–2024 годы» (Стратегия), целью которой является снижение числа погибших до нуля к 2030 году. На 2024 год социальный риск должен снизиться до 4 погибших на 100 тыс. чел.

Исследования показали прямую связь между основными экономическими показателями и уровнем ДТП. При наступлении кризисов 1998, 2008, 2014 годов, падения ВВП доходов населения и продаж автомобилей снижалось общее количество погибших, социальный и транспортный риски, тяжесть последствий ДТП. Затем показатели восстанавливались. Необходимо кардинально изменить подход к БДД с тем, чтобы при росте ВВП количество погибших в ДТП продолжало

снижаться. Рекомендации по данной проблеме представлены в статье [23].

С помощью нечеткой логики предложено привязать лингвистические характеристики БДД к балльной шкале для того, чтобы иметь возможность оценивать существующую инфраструктуру и отдельные ее элементы, соотносить затраты с динамикой этих показателей, оценивать проекты на безопасность, иметь информацию для статистики и навигации.

ЭКОЛОГИЯ ТРАНСПОРТА

Состояние окружающей среды регламентируется действующим законодательством. Из антропогенных источников загрязнения в нашей стране автотранспорт вышел на первое место, в связи с чем требования к выбросам постоянно растут. Уровень выбросов вредных веществ и предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ закреплён нормативами. В европейских странах с 2008 года действует стандарт Евро-5, в России – с 2016 года.

Расчет суточных выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта по Омску в 2017 году по ГОСТ Р 56162–2014 показал, что основным загрязнителем воздуха является грузовой транспорт, затем – легковой, пассажирский коммерческий и муниципальный. Общий объем выбросов составил 60 т, из них 50% дали грузовые автомобили, 37% – легковые, наибольший объем выбросов CO – 50%, NO₂ – 27%, CH – 22%. Поскольку выбросы производятся в зоне пребывания людей, они оказывают непосредственное влияние на их здоровье. Плотная застройка, отсутствие рекреационных зон лишь усугубляют ситуацию. Исследования показали, что концентрация летальными заболеваниями повышается по мере приближения к магистралям и зависит от их загрузки.

Решением экологической проблемы является снижение использования личных автомобилей, перевод автобусов и грузовых автомобилей на газ и электричество, использование электротранспорта, рельсового транспорта. Неслучайно в майских 2018 года указах Президент РФ дал поручение

² Сафронов, К.Э. Информационный ресурс «Алгоритм оценки доступности для инвалидов инфраструктуры городского пассажирского транспорта»: свидетельство о регистрации электронного ресурса ИУО РАО ОФЭРНИО №22274 от 22 ноября 2016 г. / К.Э. Сафронов, В.А. Мещеряков ; организация-разработчик : ФГБОУ ВО СибАДИ.

развивать в российских городах экологичный транспорт. Например, в Москве на маршрутах уже начали работать электробусы.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Качество городской среды отражают удельные показатели – плотность застройки, плотность населения, плотность транспортной сети. Их величина рекомендуется нормативами (СП 42.13330.2016), но в крупных сибирских городах (Пермь, Новосибирск, Красноярск) они далеки от оптимальных. Так, в Омске плотность населения составляет 4,5 тыс. жит./км² при норме 10, а плотность транспортной сети – 1 км/км² при норме 2,5.

Города с низкой плотностью населения не могут иметь эффективную систему общественного транспорта, в них трудно достигнуть высокого уровня благоустройства, комфорта, тепловые сети несут потери, жилые зоны чередуются с промышленными, перепробег транспорта сказывается на экономике, безопасности и экологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для повышения методической обеспеченности на сайте Министерства транспорта РФ представлены методические рекомендации по обеспечению доступа инвалидов к объектам дорожного хозяйства, по установлению гарантийных сроков конструктивных элементов автомобильных дорог, по реализации государственной политики в области инвестиций, по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. Реализация положений нормативных документов требует их углубленного изучения в учебных заведениях и на производстве, а также дальнейшего совершенствования.

Мировая тенденция развития транспортной инфраструктуры городов – это повышение доли общественного транспорта в обслуживании населения. В последнее время активно развиваются новые методы проектного управления, они стали применяться для реализации программных мероприятий. Необходимо усилить роль науки, особенно на начальном этапе совершенствования транспортной инфраструктуры наших городов. Рассмотренные факторы и предложения на-

правлены на эффективное решение поставленных проблем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015 № A/70/L.1. URL: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.
2. Improving global road safety. Resolution adopted by the General Assembly on 12 April 2018. No 72/271. URL: <https://undocs.org/en/A/RES/72/271>.
3. Miloš, Poliak et. al. Financing Public Transport Services From Public Funds. *Transport Problems*. 2017. Volume 12. Issue 4.
4. Buehler, R. Can Public Transportation Compete with Automated and Connected Cars? / *Journal of Public Transportation*. 2018. Vol. 21. No.1, pp. 7–18.
5. TRB. Making Transit Work: Insight from Western Europe, Canada, and the United States. Transportation Research Board Special Report 257. Washington DC: National Academy Press. 2001. URL: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr257.pdf>.
6. Vuchic, V. Urban Transit: Operations, Planning, and Economics. Hoboken, NJ: Wiley & Sons. 2005.
7. Newman, P. and J. Kenworthy. Peak Car Use: Understanding the Demise of Automobile Dependence. *World Transport Policy and Practice*. 2011. No. 17(2), pp. 31–42.
8. Shoup D. The High Cost of Free Parking. Chicago: Planners Press, American Planning Association. 2011.
9. USDOT. *Automated Vehicle Research*. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology (OST-R). 2017. URL: https://www.its.dot.gov/automated_vehicle/.
10. Komackova L. & Poliak, M. Factors affecting the road safety. In: Transcom. 11-th European conference of young researchers and scientists. 2015. pp. 45–48.
11. Farrell S. Financing European transport infrastructure: policies and practice in Western Europe. London: Macmillan. 1999. ISBN 033-37-189-68.

12. Storchmann K. H. The impact of fuel taxes on public transport – an empirical assessment for Germany. *Transport Policy*. 2001. Vol. 8. No. 1, pp. 19–28.

13. Small K.A. & Gomez-Ibanez J.A. *Road pricing for congestion management: the transition from theory to policy*. Berkeley: University of California. 1998. URL: <http://www.uctc.net/research/papers/391.pdf>.

14. Ubbels B. & Nijkamp P. Unconventional funding of urban public transport. *Transportation Research Part D*. 2002. Vol. 7. No. 1, pp. 317–329.

15. Joseph, A. G. & Aaron, S. & Ermine T. & M. Bernardine D. & Zachary R. *Accessible Transportation Technologies Research Initiative (ATTRI): Assessment of Relevant Research*. Pittsburgh, Pennsylvania: The Robotics Institute Carnegie Mellon University. 2017. 73 p.

16. Montello, D. R., & Sas, C. Human Factors of Wayfinding in Navigation. In *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (W Karwowski, ed). CRC Press / Taylor & Francis, Ltd. 2006. pp. 2003–2008.

17. Thatcher R., Ferris C., Chia D., Purdy J., Ellis B., Hamby B., Quan J., and Golden, M. (2013). *Strategy Guide to Enable and Promote the Use of Fixed-Route Transit by People with Disabilities*, TCRP Report 163, Washington, D.C.: Transportation Research Board. URL: <http://www.trb.org/Main/Blurbs/170626.aspx>.

18. Jonnalagedda, A., Pei, L., Saxena, S., Wu, M., Min, B.-C., Teves, E. A., Steinfeld, A. & Dias, M. B. (2014). *Enhancing the Safety of Visually Impaired Travelers in and around Transit Stations*. Tech. Report CMU-RI-TR-14-28. Robotics Institute, Carnegie Mellon University. URL: http://ri.cmu.edu/publication_view.html?pub_id=7815.

19. Сафронов Э.А. Влияние формы плана города на эффективность градостроительства / Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов // *Градостроительство*. №4 (32). 2014. С. 20-24.

20. Сафронов Э.А. Методика расчета загрузки линий метрополитена / Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов // *Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, экономике, практике*. С-Пб. №3-4(40-41). 2012. С. 26-29.

21. Сафронов Э.А. *Транспортная инфраструктура городов РФ. Исследование проблем: монография* / Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов, Е. С. Семенова // LAP LAMBERT Academic Publishing (2017-05-22). 140 с.

22. Сафронов Э.А. Методы повышения результативности «Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 годы» / Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов, Е.С. Семенова // *Автомобильный транспорт*. 2018. № 5. С. 34–39.

REFERENCES

1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015 № A/70/L.1. URL: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.

2. Improving global road safety. Resolution adopted by the General Assembly on 12 April 2018. No 72/271. URL: <https://undocs.org/en/A/RES/72/271>.

3. Miloš, Poliak et. al. Financing Public Transport Services From Public Funds. *Transport Problems*. 2017. Volume 12. Issue 4.

4. Buehler R. Can Public Transportation Compete with Automated and Connected Cars? / *Journal of Public Transportation*. 2018. Vol. 21. No.1, pp. 7–18.

5. TRB. *Making Transit Work: Insight from Western Europe, Canada, and the United States*. Transportation Research Board Special Report 257. Washington DC: National Academy Press. 2001. URL: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr257.pdf>.

6. Vuchic V. *Urban Transit: Operations, Planning, and Economics*. Hoboken, NJ: Wiley & Sons. 2005.

7. Newman P. and J. Kenworthy. *Peak Car Use: Understanding the Demise of Automobile Dependence*. World Transport Policy and Practice. 2011. No. 17(2), pp. 31–42.

8. Shoup D. *The High Cost of Free Parking*. Chicago: Planners Press, American Planning Association. 2011.

9. USDOT. *Automated Vehicle Research*. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology (OST-R). 2017. URL: https://www.its.dot.gov/automated_vehicle/.

10. Komackova L. & Poliak, M. Factors affecting the road safety. In: *Transcom*. 11-th European conference of young researchers and scientists. 2015. pp. 45–48.

11. Farrell S. *Financing European transport infrastructure: policies and practice in Western*

Europe. London: Macmillan. 1999. ISBN 033-37-189-68.

12. Storchmann K.H. The impact of fuel taxes on public transport – an empirical assessment for Germany. *Transport Policy*. 2001. Vol. 8. No. 1, pp. 19–28.

13. Small K.A. & Gomez-Ibanez, J.A. Road pricing for congestion management: the transition from theory to policy. Berkeley: University of California. 1998. URL: <http://www.uctc.net/research/papers/391.pdf>.

14. Ubbels B. & Nijkamp, P. Unconventional funding of urban public transport. *Transportation Research Part D*. 2002. Vol. 7. No. 1, pp. 317–329.

15. Joseph A.G. & Aaron, S. & Ermine T. & M. Bernardine D. & Zachary R. *Accessible Transportation Technologies Research Initiative (ATTRI): Assessment of Relevant Research*. Pittsburgh, Pennsylvania: The Robotics Institute Carnegie Mellon University. 2017. 73 P.

16. Montello D.R., & Sas, C. Human Factors of Wayfinding in Navigation. In *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (W Karwowski, ed). CRC Press/Taylor & Francis, Ltd. 2006. pp. 2003–2008.

17. Thatcher R., Ferris C., Chia D., Purdy J., Ellis B., Hamby B., Quan J., and Golden, M. (2013). Strategy Guide to Enable and Promote the Use of Fixed-Route Transit by People with Disabilities, TCRP Report 163, Washington, D.C.: Transportation Research Board. URL: <http://www.trb.org/Main/Blurbs/170626.aspx>.

18. Jonnalagedda, A., Pei, L., Saxena, S., Wu, M., Min, B.-C., Teves, E. A., Steinfeld, A. & Dias, M. B. (2014). Enhancing the Safety of Visually Impaired Travelers in and around Transit Stations. Tech. Report CMU-RI-TR-14-28. Robotics Institute, Carnegie Mellon University. URL: http://ri.cmu.edu/publication_view.html?pub_id=7815.

19. Safronov E.A., Safronov K.E. Vliyaniye formy plana goroda na effektivnost gradostroitelstva [Influence of the city plan form on the efficiency of urban development]. *Gradostroitelstvo*, 2014, no. 4 (32), pp. 20-24. (in Russian).

20. Safronov E.A., Safronov K.E. Metodika rascheta zagruzki liniy metropolitena [Method for calculating the loading of metro lines]. *Transport Rossiyskoy Federatsii. Zhurnal o nauke, ekonomike, praktike*, St. Petersburg, 2012, no. 3-4(40-41), pp. 26-29. (in Russian).

21. Safronov E.A., Safronov K.E., Semenova E.S. *Transportnaya infrastruktura gorodov Rossiyskoy Federatsii. Issledovaniye problem: monografiya* [Transport infrastructure of Russian cities. Research problems: monograph]. LAP LAMBERT Academic Publishing (2017-05-22). 140 P. (in Russian).

22. Safronov E.A., Safronov K.E., Semenova E.S. Metody povysheniya rezultativnosti Strategii bezopasnosti dorozh-nogo dvizheniya v Rossiyskoy Federatsii na 2018–2024 gody [Methods for increasing the effectiveness of the “Road Safety Strategy in the Russian Federation for 2018-2024”]. *Avtomobilnyy transport*, 2018, no 5, pp. 34–39. (in Russian).

Поступила 20.08.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сафронов Эдуард Алексеевич (Россия, г. Омск) – д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Организация и безопасность движения» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет» (СибАДИ), ORCID 0000-0002-7807-3897 (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 5, E-mail: sibadi1@rambler.ru).

Сафронов Кирилл Эдуардович (Россия, г. Омск) – д-р техн. наук, проф., доц., проф. кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет» (СибАДИ), ORCID 0000-0003-3849-6761 (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 5, E-mail: transistem@rambler.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Safronov Eduard Alexeevich – Doctor of Technical Science, Professor, Professor of the Organization and Security of the Movement Department, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), ORCID 0000-0002-7807-3897 (644080, Russia, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: sibadi1@rambler.ru).

Safronov Kirill Eduardovich – Doctor of Technical Science, Associate Professor of the Department of vehicle maintenance and repair, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), ORCID ID 0000-0003-3849-6761 (644080, Russia, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail : transistem@rambler.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Сафронов Э.А. Исследование состояния вопроса. Разработка плана исследования, постановка целей и задач, общее руководство.

Сафронов К.Э. Обзор литературы, сбор статистической информации, проведение экспериментальной части исследования.

AUTHORS CONTRIBUTION

Safronov E.A. Investigation of the research problem, development of the research plan, goals and objectives' determination, general management of paper editing.

Safronov K.E. Review of the literature, collection of statistical information, conducting the experimental part of the study.

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ПОДХОДОВ В СОВРЕМЕННОЙ ПРАКТИКЕ ТРАНСПОРТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Э.С. Темнов

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
г. Тула, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Отмечается актуальность транспортного моделирования, которое является основой для внедрения различных технических решений, направленных на внедрение автоматизированных систем управления дорожным движением на основе дорожных контроллеров нового поколения. Указывается обстоятельство, согласно которому транспортное моделирование приобретает существенно динамический подход. Ставится цель исследования и формулируются задачи, заключающиеся в обобщении и формализации задач транспортного моделирования.

Методы. Для решения поставленных задач используются методы системного анализа, теории транспортных систем, а также методики, которые широко распространяются в сообществе транспортных инженеров, в том числе различные варианты расчетно-экспериментальной методики моделирования транспортных потоков и транспортных систем для города или агломерации.

Результаты. На основе обобщения информации об этапах транспортного моделирования предложена последовательность действий, приводящая к получению требуемой транспортной модели, с помощью которой можно выполнять решение конкретной задачи. Сформулирован список основных задач транспортной инженерии, указана значимость динамического подхода и особая роль теории транспортных макросистем, согласно положениям которой стохастические процессы на микроуровне приводят к детерминированному поведению транспортных систем на макроуровне.

Заключение. Основным результатом настоящей работы является выработка комплекса управляющих воздействий для функционирования интеллектуальной транспортной системы, равномерно распределяющей транспортные потоки по сети и предотвращающей возникновение заторовых ситуаций в режиме реального времени. Основой для этого служит постановка и решение различных задач транспортного моделирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: транспортное моделирование, транспортная макросистема, алгоритмы генерирования поездок, загрузка улично-дорожной сети

© Э.С. Темнов



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ANALYSIS OF SOME APPROACHES IN CURRENT PRACTICE OF TRANSPORT MODELLING

E.S. Temnov

Tula State University,
Tula, Russia

ABSTRACT

Introduction. The urgency of transport modeling, which is the basis for the implementation of various technical solutions aimed on the automated traffic control systems usage based on a new generation of road controllers, is noted. The circumstance according to which the transport modeling acquires essentially dynamic approach is specified. The aim and the problems of the study are formulated, consisting in the generalization and formalization of the tasks of transport modelling.

Materials and methods. To solve such problems the author uses methods of system analysis, theory of transport systems, as well as techniques that are widely used in the community of transport engineers, including various options for computational and experimental methods of modeling traffic flows and transport systems for the city or agglomeration.

Results. On the basis of generalization of information about stages of transport modeling the sequence of actions leading to obtaining the required transport model, by means of which it is possible to carry out the decision of a specific task, is offered. The list of the main tasks of transport engineering is formulated, the importance of the dynamic approach and the special role of the theory of transport macro systems are indicated, according to the provisions of which stochastic processes at the micro level lead to the deterministic behavior of transport systems at the macro level.

Discussion and conclusions. The main result of the research is the development of the control actions for the operation of the intelligent transport system that evenly distributes traffic flows through the network and prevents the occurrence of congestion in real time. The basis for it is the formulation and solution of various problems of transport modeling.

KEYWORDS: transport modeling, transport macro system, algorithms for trips generating, loading of the road network.

© E.S. Temnov



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в регионах Российской Федерации активно выполняются работы, связанные с созданием комплексных схем организации дорожного движения (КСОДД), а также внедряются новые технические средства организации дорожного движения (ТСОДД), обеспечивающие решение транспортных проблем в городах на новом технологическом уровне. К таким решениям относятся, прежде всего, автоматизированные системы организации движения (АСУД), построенные на базе дорожных контроллеров новых поколений, а также элементы интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Необходимым условием внедрения новых ТСОДД является достаточно глубокая проработка будущих решений на уровне имитационного, прогнозного и оптимизационного моделирования. Не останавливаясь подробно на перечислении всех доступных для моделирования программных инструментов, отошлем заинтересованных читателей к достаточно подробному отчету по этой тематике [1], а также к современным российским руководствам [2,3,4,5], которые, безусловно, должны использоваться в практике транспортного моделирования.

Так как в условиях широкого распространения различных методических подходов к вопросам транспортного планирования не обнаруживается стандартизованных и общепринятых методик, то становится актуальной задача обобщения практического опыта, который зафиксирован в некоторых известных рекомендациях [6].

Целью настоящего исследования является определение списка наиболее часто решаемых задач, когда транспортные инженеры применяют транспортное моделирование, а также обобщение и формализация подходов к транспортному моделированию. При этом обращается внимание на обстоятельство, которое в современных условиях играет существенную роль: транспортное моделирование приобретает существенно динамический подход, когда рассматривается динамика движения множества отдельных транспортных средств в течение некоторого интересующего интервала времени либо исследуется изменение осредненных показателей транспортных потоков в течение суток, что необходимо для установления алгоритмов управления транспортными потоками.

МЕТОДЫ

Для решения поставленной задачи используются методы системного анализа, теории

транспортных систем, а также методики, которые в настоящее время широко распространяются в сообществе транспортных инженеров. Чаще всего разрабатываются и применяются различные варианты расчетно-экспериментальной методики моделирования транспортных потоков и транспортных систем для города или агломерации. Поэтому в статье будут рассмотрены не только расчетные, но и натурные методы, используемые для обеспечения транспортного моделирования.

Выполнение работ по изучению транспортной системы города (агломерации, региона) требует создания цифровой модели улично-дорожной сети (УДС), а также комплексных данных о состояниях транспортной системы в определенные моменты времени (например, загрузки УДС транспортными потоками, состояниях стоков-источников транспорта и т.д.). УДС города в модели реализуется в виде графа, где перекрестки представлены в виде узлов, а перегоны – в виде дуг.

Таким образом, для разработки модели обычно требуется следующий набор данных.

1. Граф УДС, выполненный в некотором программном комплексе.

1.1. Растровое (векторное) изображение карты города в высоком разрешении в виде картосхемы или спутниковых изображений.

1.2. Панорамы улиц города из интернет-ресурсов, позволяющие получить наглядные характеристики схем организации дорожного движения (ОДД).

1.3. Характеристики дуг (связей):

- число полос;
- длина дуги (связи);
- пропускная способность полосы;
- свободная скорость.

1.4. Характеристики узлов:

- разрешенные направления движения;
- значения ценовой функции для каждого направления движения;
- параметры светового объекта.

1.5. Схемы организации дорожного движения (ОДД).

1.6. Интенсивность движения на различных участках УДС.

2. Матрица межрайонных корреспонденций.

2.1. Состав каждого расчетного района (принадлежность различных типов зон и объектов притяжения населения к району) и др.

Создание графа УДС может быть реализовано в различных программно-аналитических комплексах (ПАК), например «TransNet», разработанный В. И. Швецовым и А. С. Алиевым

[7], который представляет собой современное графическое приложение и по функциональным возможностям может быть охарактеризован как интегрированная среда разработчика в области транспортного планирования и моделирования.

На практике, например в работе [8], для каждой дуги указываются индивидуальные исходные данные, для этого используется встроенный редактор сети. Свободная скорость выбирается в зависимости от качества дорожного покрытия, длины дуги и ширины проезжей части от 20 до 90 км/ч. Длина дуги указывается равной существующей длине участка УДС. Данные о числе полос берутся из паспортов улиц и схем ОДД. Формирование графа УДС связано с калибровкой получаемых карт города с возможностями программной среды таким образом, что модель выполняется в масштабе 1:1.

В соответствии с полученными параметрами вводится ценовая функция, которая позволяет сравнивать и выбирать определенные перегоны с лучшими характеристиками для создания оптимальных маршрутов:

$$C_i = \frac{L}{1000 \cdot P_2} \cdot 60 \cdot \left(1 + \frac{F}{N \cdot P_1} \right)^4,$$

где P_1 – пропускная способность; P_2 – свободная скорость (км/ч); N – число полос движения (в одном направлении); L – длина i -й дуги (перегона), в м; F – поток автотранспорта.

Пропускная способность считается по формуле

$$P_1 = \frac{1000 \cdot P_2}{L_{\bar{a}}}.$$

Для ее подсчета необходимо вычислить динамический коэффициент, определяющий расстояние между машинами при различной скорости движения:

$$L_{\bar{a}} = l_a + P_2 + 0,03P_2 + 1,$$

где l_a – средняя длина машины, обычно принимается равной 4,5 м, P_2 используется в м/с.

Как правило, различные варианты ценовых функций уже заложены в возможностях программных комплексов для транспортного моделирования и позволяют решать задачу о расщеплении маршрутов: каждый возможный маршрут корреспонденций имеет свою долю,

которая определяется в зависимости от значения ценовых функций всех участков маршрута. Для применения аппарата ценовых функций требуется достаточно точная информация относительно входящих в формулу величин.

Разрешенные направления движения выбираются в соответствии со схемами ОДД. При наличии светофорного объекта на перекрестке для каждого направления задаются процентные доли зеленого света – приоритета движения.

Для определения матрицы корреспонденций территория города разбивается на зоны с различным типом застройки и на условные транспортные районы в каждой зоне. Для каждого района определяется его центр и связи, по которым сеть насыщается потоками автотранспорта. Так же как и дугам сети, связям назначены параметры длины, скорости и пропускной способности.

Следующим элементом разработки модели является анализ транспортной подвижности, необходимый при проведении иных, в том числе комплексных, исследований в пассажирских транспортных системах городов (рисунок 1).

В целом городскую застройку можно классифицировать по трем типам: зоны малоэтажных строений (частный сектор), зоны многоэтажных зданий и зоны промышленной застройки. Для удобства расчетов и визуализации проведения зонирования используются программы для обработки растровых изображений, такие как GIMP, Adobe Photoshop и др. Далее, с учетом вышеуказанной классификации производится расчет средней удельной плотности населения, основанный на статистических данных о количестве жителей, этажности зданий и т.д. Следующим действием может осуществляться условное транспортное районирование и определение характеристик полученных районов – площадь, количество жителей, плотность населения, определенные с учетом результатов расчета удельной плотности населения. Полученные данные суммируются в целом по рассматриваемой территории, сравниваются с данными официальной статистики и при необходимости соответствующим образом калибруются.

В ходе выполнения этого этапа осуществляется разделение на условные транспортные районы. Формирование данных районов удобно проводить с учетом схемы территориального планирования, границ, разработанных при выполнении первого этапа зонирования, а также иных факторов, влияющих на застройку и трассы маршрутов общественно-

го и личного транспорта, например, крупных магистральных автодорог, водных преград, лесных и парковых зон, промышленных зон, имеющих большую протяженность. При разделении изучаемой территории на укрупненные транспортные районы необходимо максимально избегать попадания в один такой район различных типов застройки, определенных нами выше. Отдельно необходимо рассматривать окраины города или городской агломерации, так как там возможно снижение плотности застройки, соответственно, в данном случае используются определенные допущения: для таких районов плотность застройки усредняется. Следующим действием может выполняться определение характеристик маршрутной транспортной сети (МТС) исследуемой территории. Результатом решения данной задачи являются данные о плотности МТС каждого из видов транспорта и общей плотности МТС в границах каждого укрупненного транспортного района.

Для получения данных о межрайонных корреспонденциях в первую очередь необходимо определить межрайонные связи: маршруты городского пассажирского транспорта общего

пользования (ГПТОП) и УДС, связывающую районы между собой. Далее формируется список всех значимых мест приложения труда, учебы и т.п. и определяется их принадлежность к тому или иному району, количество сотрудников, обучающихся и т.д. Аналогичная операция может быть проведена для мест культурно-бытового назначения. Для каждого полученного транспортного района определяется общее количество жителей, процент работоспособного населения, количество детей дошкольного и школьного возраста, студентов. Следующим действием определяются межрайонные корреспонденции с учетом их взаимной транспортной доступности – наличия общественного транспорта и уровня автомобилизации города.

Представленная здесь методика подробно описана в цитируемой выше литературе и имеет множество конкретных реализаций, которые применяются в соответствии с выбранными программными инструментами и типом решаемой задачи. Тем не менее следует указать, что несмотря на вполне устоявшийся характер методов подготовки транспортных моделей, в каждом конкретном случае выпол-



Рисунок 1 – Генерирование поездок для транспортной модели

Figure 1 – Trip generating for the transport model

няется довольно сложный комплекс действий, направленный на получение качественной транспортной модели.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для правильного использования модели конкретной транспортной системы требуется четко определить принадлежность исследуемой системы к тому или иному классу. Затем необходимо обоснование, что применяемая модель соответствует выявленному типу транспортной системы. В большинстве случаев такое обоснование, к сожалению, не выполняется. Отчасти это объясняется тем, что в настоящее время не существует единой и полной классификации транспортных систем. Такие попытки делаются, и для грузовых транспортных систем можно указать работы [9, 10]. В них представлен четкий подход, который позволяет различать транспортные системы, выполняющие грузовые автомобильные перевозки в городах не только от масштаба системы, но и от некоторых особенностей (типы маршрутов, характер выполняемой задачи, методы планирования работы и др.). Возможно, что такой подход мог бы распространяться и на классификацию систем пассажирского транспорта, транспортных потоков, систем транспортной инфраструктуры. Этот подход можно обозначить как классификацию системы одновременно по двум признакам: масштаб – характер выполняемой задачи. Предельным масштабом для транспортной системы является макросистема. Теория макросистем, в том числе применительно к транспорту, рассматривается в трудах многих ученых. Отметим работу Ю.С. Попкова [11], которая дает максимально исчерпывающее описание теории, на основе которой могут быть построены различные, еще не разработанные варианты транспортных систем. В рамках таких описаний могут рассматриваться мультиагентные системы, включающие в себя не только различные виды транспорта, но и, например, движение пешеходов.

На основе обобщения информации об этапах транспортного моделирования предложена последовательность действий, приводящая к получению требуемой транспортной модели, с помощью которой можно выполнять решение конкретной задачи.

А) Определение задачи транспортного планирования и обоснование выбора применяемой для ее решения типа математической модели.

Б) Подготовка и сбор исходных данных, включая выполнение необходимых натурных исследований.

В) Создание цифровой транспортной модели улично-дорожной сети (УДС) города, например, с помощью программного комплекса «Transnet» (Институт системного анализа РАН, г. Москва) [7] или с помощью иного аналогичного комплекса, в котором предусмотрено решение задачи о загрузке УДС.

Г) Выполнение калибровки модели с помощью данных видеонаблюдений, организованных путем подключения к системам видеокамер города или иными способами натурных измерений.

Д) Выполнение расчетов загрузки улично-дорожной сети для требуемого периода времени (прогнозного года, прогнозного времени суток, для наиболее загруженных часов суток или иного временного интервала, а также экспериментальное уточнение модели; приемлемая погрешность расчетов обычно не должна превышать 15...18%).

Е) Формулировка на основе результатов расчетов предложений по изменению существующих схем ОДД (например, циклов светофорного регулирования для светофорных объектов (СО), сравнение полученных циклов с действующими, изменение схемы ОДД в целом и т.п.).

Одной из основных проблем, которая чаще всего возникает при проведении моделирования транспортных сетей, является определение корреспонденций, которые соответствуют конкретному отрезку времени, выбранному для моделирования. Наиболее часто встречающийся вариант – расчет трудовых корреспонденций, проявляющихся в наибольшей степени в часы максимальной загрузки УДС (часы пик). Обычно это утренние (с 7-00 до 10-00) и вечерние (17-00 до 20-00) часы, в зависимости от особенностей моделируемого населенного пункта. Даже в эти отрезки времени характер перемещений не является полностью однородным: в общей массе трудовых корреспонденций присутствуют и другие типы поездок. Если же речь идет об иных временных интервалах, то ситуация становится еще более сложной. Меняется не только характер поездок, но и сложность маршрутов, которые могут представлять собой достаточно протяженные и разнообразные цепочки (например, «дом – детский сад – работа», или «дом – поликлиника – школа – работа», или «работа – магазин – школа – музыкальная школа – дом» и т.п.).

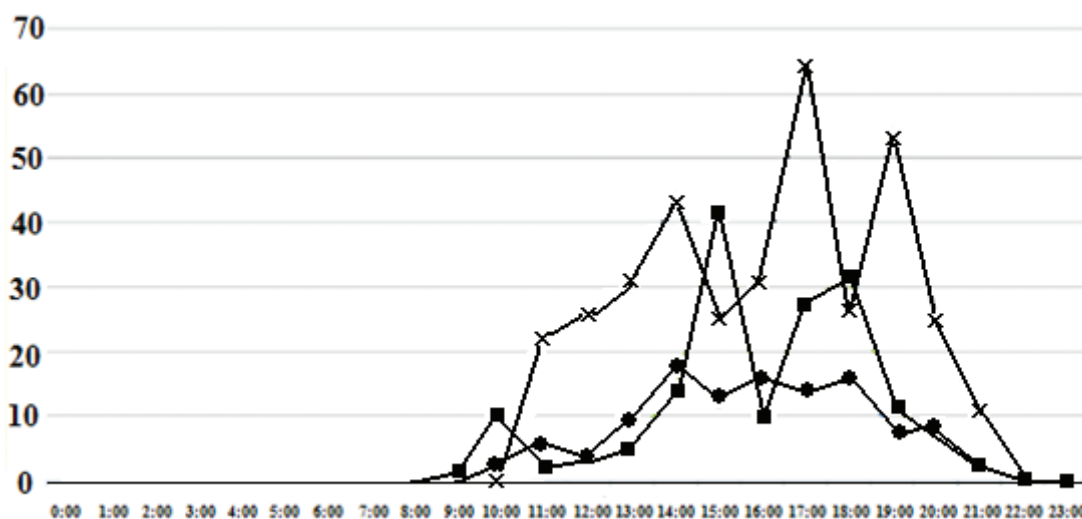


Рисунок 2 – Количество транспортных средств, находящихся на парковке у трех исследуемых торговых центров в г. Туле. День недели – понедельник

Figure 2 – Number of vehicles in the parking lot of three shopping centers in Tula. Day of week – Monday

Для разработки комплексной методики обследования транспортных потоков и транспортных систем (УДС, объекты, порождающие и поглощающие транспортные и пассажиропотоки, маршрутные системы, парковки, остановочные пункты и т.д.) необходим подход, учитывающий, как было указано выше, стохастические и динамические факторы их функционирования.

А) Выполнение исследований, выявляющих стохастические и динамические факторы функционирования УДС.

Б) То же, для парковок возле торговых центров и иных центров притяжения.

В) То же, для внутридворовых стоянок автомобильного транспорта и других источников-стоков автотранспорта, необходимых для создания полноценной цифровой модели УДС города, которая могла бы использоваться для любого временного интервала в течение времени суток.

Приведем некоторые примеры, которые явились результатом некоторых исследований.

Закономерности стохастического функционирования отдельных элементов транспортных систем.

Парковки. Исследование посещаемости парковок торговых центров города как стохастических элементов транспортной системы

осуществлялось¹ для приближения к полному пониманию функционирования УДС города, распределения транспортных потоков и загрузки сети, путем получения информации о закономерностях потоков посетителей (по типам торговых или торгово-развлекательных центров, по характеру временных рядов, по периодам времени и др.).

Пассажи́рские остано́вки. Полученные авторами [12] временные ряды содержат информацию об изменении количества транспортных средств (загруженности остановочного пункта) и количестве вышедших и вошедших пассажиров (пассажирообмене) на данной остановке за время наблюдения.

Так как для перевозки пассажиров используются различные виды транспорта (автобусы, троллейбусы, микроавтобусы), в процессе обработки полученных данных для большей информативности было решено представить количество транспортных средств на остановочном пункте с применением коэффициентов, учитывающих физические габариты транспортных средств, что в свою очередь наглядно показывает загруженность (перегруженность) остановочного пункта (вследствие несогласованности либо нарушения маршрутных расписаний). Степень загруженности остановки автобусом большой вместимости

¹ Коржанков В.Б. Парковки у торговых центров как часть транспортной инфраструктуры города // Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта: материалы Международной очно-заочной научно-технической конференции. Вып. 1. Тула: Изд-во Тульского государственного университета. 2017. С. 281 – 286.

или троллейбусом взята за единицу, автобусом средней вместимости – 0.5, микроавтобусом – 0.3.

С помощью полученных данных были построены фазовые портреты транспортного и пассажирского потоков, что позволяет в дальнейшем произвести фазовый (графический) анализ транспортного процесса происходящих в зоне влияния остановочного пункта.

Таким образом, имея информацию, представленную в примерах, для каждого стока-источника транспорта в математической модели транспортной системы, мы можем решать задачу о движении транспортных средств в любое время суток, так как известны или могут быть оценены количества автомобилей, находящихся вне УДС.

Средства измерения транспортных потоков. Выше было указано, что моделирование транспортных систем основано, по сути дела, на расчетно-экспериментальных методиках. С целью получения экспериментальных данных всегда требуются те или иные технические средства. Чаще всего требуется информация о потоках транспорта или пешеходов. На сегодняшний день имеется большое количество исследований, посвященных поведению транспортных потоков. Исследователи различных научных школ не приходят к единому мнению, каким образом описывать существующий в классических теориях транспортных потоков фазовый переход от свободного потока к плотному.

В указанную проблему внес ясность Б. С. Кернер, предложив широко известную альтернативную теорию транспортных потоков, содержащую в себе 3 фазы. Б.С. Кернер предполагает, что плотную фазу можно разделить на синхронизированный поток и широкий движущийся кластер машин. Его исследования проводились на скоростных автомагистралях с целью объяснения поведенческих особенностей транспортного потока, в том числе переходных процессов, образующих пространственно-временные структуры в плотном транспортном потоке, а также фиксации появления узких мест и определения возникновения заторных ситуаций.

В городских условиях, чтобы определить закономерности фазовых переходов в потоках с целью получения возможности интеллектуального управления дорожным движением, необходимо не только проведение большого количества замеров, но и учет дополнительных воздействий на управление транспортным потоком, таких как светофорное регулирование и геометрические особенности улиц в связи с исторически сложившейся архитектурной застройкой города и др. Очереди и заторы в таком случае могут образовываться из-за неудачного распределения транспортных потоков, поэтому необходимо иметь представление об изменении характеристик движения транспортных потоков на перегонах перед пересечениями, в том числе оборудованными техническими средствами управления дорожным движением.

Отдельные исследования посвящены изучению изменения свойств транспортных потоков в вышеописанных условиях^{2 3}. Основной сложностью проведения наблюдений является либо большая стоимость существующих комплексов (при их использовании), либо низкая точность и/или большие временные затраты. Для измерения характеристик транспортных потоков, а также для исследования динамики поведения стоков и источников транспорта могут использоваться различные комплексы, включающие видеоаналитику, детекторы транспорта, основанные на различных физических принципах (гидравлика, электромагнетизм, ультразвук и др.) [13]. Среди экспериментальных методов изучения транспортных систем наибольшее распространение получили методы непосредственного наблюдения. В современных условиях эти методы оснащены разнообразным ассортиментом камер видеонаблюдения, фотокамер и дополнительным оборудованием, позволяющим записывать, хранить и обрабатывать получаемые видеоизображения. Не ушли из употребления и традиционные методы проведения обследований (табличное, анкетное, визуальное и др.), которые требуют большого числа учетчиков. Сложность экспериментальных работ с транспортными системами обусловлена

² Волков С.А., Пышный В.А., Темнов Э.С. О проведении исследований характеристик транспортных потоков на перегонах // Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта: материалы Международной очно-заочной научно-технической конференции. Вып. 1. Тула: Изд-во Тульского государственного университета. 2017. С. 256 – 261.

³ Андреев К.П., Терентьев В.В., Темнов Э.С. Проблемы качества транспортного обслуживания населения // Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта: материалы Международной очно-заочной научно-технической конференции. Вып. 2. Тула: Изд-во Тульского государственного университета. 2017. С. 105 – 110.

значительными масштабами систем и нестационарностью происходящих в них процессов. Вследствие этого, а также стохастического характера функционирования транспортные системы должны подвергаться периодически повторяющимся обследованиям, статистическим измерениям и обработке получаемых данных. Последнее для повышения точности транспортного моделирования имеет очень высокое значение.

В завершение представим список некоторых задач транспортного моделирования систем с помощью различных ПАК: 1) загрузка УДС; 2) анализ схем ОДД; 3) оценка качества МТС; 4) строительство объектов притяжения; 5) введение в действие платных участков дороги; 6) определение характеристик транспортных потоков; 7) расчет и обоснование циклов светофорного регулирования; 8) изменение структуры графа УДС (по различным причинам); 9) управление инцидентами на дорогах; 10) анализ интеллектуального управления транспортными системами; 11) выполнение моделирования мультиагентных систем; 12) моделирование пассажиропотоков и движения ГПТОП; 13) моделирование грузопотоков; 14) моделирование пешеходных потоков; 15) построение отчетов о работе АСУДД; 16) решение задач транспортной связанности и транспортной доступности.

Для рассмотрения некоторых примеров решаемых задач можно рекомендовать работы [2,3,4,5,6,7,8], однако некоторые из перечисленных здесь задач находятся на начальных стадиях проработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ряд проведенных по данной методике наблюдений позволил выявить закономерности поведения стоков и источников транспорта, а именно определить различные состояния элементов транспортной макросистемы, построить диаграммы, а также определить влияние стохастических факторов на общее поведение макросистемы. Основным ожидаемым результатом настоящей работы является выработка комплекса управляющих воздействий для функционирования интеллектуальной транспортной системы, равномерно распределяющей транспортные потоки по сети и предотвращающей возникновение заторных ситуаций в режиме реального времени. Основой для этого служит постановка и решение различных задач транспортного моделирования, в том числе и в рамках динамического описания [14].

Представленные подходы к исследованию стохастических элементов транспортных систем могут использоваться при определении методики рационализации транспортных потоков и составить базовые алгоритмы управления СО с переменными планами координации или других элементов ИТС в течение суток.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Boxill S. A., Yu L. An Evaluation of traffic simulation models for supporting ITS development. Report SWUTC/00/167602-1. URL: <http://swutc.tamu.edu/publications/technicalreports/167602-1.pdf>.
2. Якимов М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: монография. М.: Логос, 2013. 188 с.
3. Якимов М.Р., Арепьева А. А. Транспортное планирование. Особенности моделирования транспортных потоков в крупных российских городах: монография. М: Логос, 2016. 280 с.
4. Якимов М.Р., Попов Ю.А. Транспортное планирование: практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision® VISUM: монография. М.: Логос, 2014. 200 с.
5. Якимов М.Р. Концепция транспортного планирования и организации движения в крупных городах: монография. Пермь: Пермский государственный технический университет, 2011. 175 с.
6. Руководство по применению транспортных моделей в транспортном планировании и оценке проектов. СПб.: ООО «Издательско-полиграфическая компания «КОСТА», 2016. 128 с. (Серия «Библиотека транспортного инженера»).
7. Швецов В.И., Алиев А.С. Математическое моделирование загрузки транспортных сетей. М.: Изд-во УРСС, 2003. 61 с.
8. Агуреев И.Е., Швецов В.И., Пышный В.А. Моделирование загрузки улично-дорожной сети // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. № 6–2. С. 127 – 139.
9. Николин В.И., Витвицкий Е.Е., Мочалин С.М. Грузовые автомобильные перевозки. Омск: Изд-во «Вариант-Сибирь», 2004. 480 с.
10. Витвицкий Е.Е. Теория транспортных процессов и систем (грузовые автомобильные перевозки). Омск: СибАДИ, 2014. 216 с.
11. Попков Ю.С. Теория макросистем: Равновесные модели. М.: Едиториал УРСС, 1999. 320 с.
12. Агуреев И.Е., Денисов М.В. Математическое описание динамики пассажирских транс-

портных систем // Мир транспорта и технологических машин. 2011. № 1 (32). С. 15 – 22.

13. Traffic Detector Handbook. Third Edition. Report FHWA-HRT-06-108. URL: www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/its/06108/06108.pdf

14. Агуреев И.Е., Атлас Е.Е. Хаотическая динамика в системах транспорта // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2012. № 1. С. 94 – 106.

REFERENCES

1. Boxill S. A., Yu L. An Evaluation of traffic simulation models for supporting ITS development. Report SWUTC/00/167602-1. URL: <http://swutc.tamu.edu/publications/technicalreports/167602-1.pdf>.

2. Jakimov M.R. *Transportnoe planirovanie: sozdanie transportnyh modelej gorodov: monografija*. [Transport planning: creation of transport models of cities: monograph]. Moscow, Logos, 2013. 188 p.

3. Jakimov M.R., Arep'eva A. A. *Transportnoe planirovanie. Osobennosti modelirovaniya transportnyh potokov v krupnyh Rossijskikh gorodah: monografija*. [Transport planning. Features of modeling traffic flows in major Russian cities: monograph]. Moscow, Logos, 2016. 280 p.

4. Jakimov M.R., Popov Ju.A. *Transportnoe planirovanie: prakticheskie rekomendacii po sozdaniyu transportnyh modelej gorodov v programnom komplekse PTV Vision® VISUM: monografija*. [Transport planning: practical recommendations for the creation of transport models of cities in the PTV Vision VISUM program complex: monograph]. Moscow, Logos, 2014. 200 p.

5. Jakimov M.R. *Koncepcija transportnogo planirovaniya i organizacii dvizheniya v krupnyh gorodah: monografija*. [Concept of transport planning and traffic management in large cities: monograph]. Perm': Permskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet, 2011. 175 p.

6. *Rukovodstvo po primeneniju transportnyh modelej v transportnom planirovanii i ocenke projektov*. [Guidance on the application of transport models in transport planning and project evaluation]. St. Petersburg.: ООО "Izdatel'sko-poligraficheskaja kompanija "KOSTA", 2016. 128 p. (Serija "Biblioteka transportnogo inzhenera").

7. Shvecov V.I., Aliev A.S. *Matematicheskoe modelirovanija zagruzki transportnyh setej* [Mathematical modeling of the transport networks loading]. Moscow, Izd-vo URSS, 2003. 61p.

8. Agureev I.E., Shvecov V.I., Pyshnyj V.A. *Modelirovanie zagruzki ulichno-dorozhnoj seti*

[Modelling of the road network loading]. *Izvestija TulGU. Tehnicheskie nauki*, 2013, no 6-2. pp. 127 – 139.

9. Nikolin V.I., Vitvickij E.E., Mochalin S.M. *Gruzovye avtomobil'nye perevozki*. [Freight road transport]. Omsk: Izd-vo "Variant-Sibir", 2004. 480 p.

10. Vitvickij E.E. *Teorija transportnyh processov i sistem (gruzovye avtomobil'nye perevozki)*. [Theory of transport processes and systems (freight road transport)]. Omsk: SibADI, 2014. 216 p.

11. Popkov Ju.S. *Teorija makrosistem: Ravnovesnye modeli* [Theory of macro-systems: an Equilibrium model]. Moscow, Editorial URSS, 1999. 320 p.

12. Agureev I.E., Denisov M.V. *Matematicheskoe opisanie dinamiki passazhirskih transportnyh sistem* [Mathematical description of the dynamics of passenger transport systems] *Mir transporta i tehnologicheskij mashin*, 2011, no 1 (32), pp. 15 – 22.

13. Traffic Detector Handbook. Third Edition. Report FHWA-HRT-06-108. URL: www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/its/06108/06108.pdf.

14. Agureev I.E., Atlas E.E. *Haoticheskaja dinamika v sistemah transporta* [Chaotic dynamics in transport systems]. *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*, 2012, no 1. pp. 94 – 106.

Поступила 07.09.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Темнов Эдуард Сергеевич (г. Тула, Россия) – канд. техн. наук, доц. кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, проректор по учебно-воспитательной работе, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (300012, г. Тула, пр. Ленина, 92, e-mail: etemnov@gmail.com)

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Temnov Eduard Sergeevich (Tula, Russia) – PhD (Engineering), Associate Professor at the Department of Automobiles and Automobile Economy, Vice-Rector at Tula State University (300012, Tula, 92, Lenin Av., e-mail: etemnov@gmail.com).

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЙ ПАССАЖИРОПОТОКОВ В ГОРОДЕ КЫЗЫЛЕ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

Ч.Д. Шавыраа

ФГБОУ ВО Тувинский государственный университет,
г. Кызыл, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье рассмотрены результаты обследований пассажиропотоков с учетом повышения эффективности пассажирских перевозок в малом городе. Потребности регулирования работы перевозчиков различных форм собственности с учётом характеристики городских маршрутов определяют актуальность исследований в этой области.

Цель исследования. Целью проведения обследования пассажиропотоков является уточнение общего размера передвижений по зонам и в целом по городу всего населения, для дальнейшей разработки проектов планировки улично-дорожной сети и планов развития пассажирских перевозок.

Материалы и методы. В работе рассмотрены результаты обследования пассажиропотоков с учетом специфики города. Изучены характеристики трассы и нагрузки на маршруты г. Кызыла. Для малого города актуально использование методики обследования транспортных потребностей и транспортного обслуживания населения.

Результаты. Был созмещен натурный способ подсчета пассажиропотоков на остановочных пунктах г. Кызыла с анкетным опросом, с занесением результатов в таблицы.

Обсуждение и заключение. В результате проведенных обследований пассажиропотоков выявлен среднечасовой объем перевозки на маршрутах, рассчитана неравномерность нагрузки и т.д.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пассажир, качество, транспорт, отбор, перевозчики.

© Ч.Д. Шавыраа



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

RESULTS OF PASSENGER RESOURCES EXAMINATIONS IN KYZYL CITY OF THE TYVA REPUBLIC

Ch.D. Shavyraa
Tuva State University,
Kyzyl, Russia

ABSTRACT

Introduction. The paper considers the results of surveys taking into account the efficiency increase of passenger traffic in a small town. The need to regulate the work of carriers of various ownership forms, taking into account the characteristics of urban routes, determines the relevance of the research in this area. Therefore, the purpose of the survey is to clarify the total size of the movement of the zones and the city as a whole for the further projects' development of the road network planning and for the passenger traffic development.

Materials and methods. The paper considers alternatives to passenger surveys, i.e. application of the most optimal variants of the transportation plan. The characteristics of the route and load on the routes of Kyzyl are also illustrated. The author uses the methodology of surveying the population transport needs in a small town, in particular, the counting of passengers.

Results. As a result, the author conducts the survey of passenger traffic, taking into account the city specific. The characteristics of the route and the load on the routes of Kyzyl are studied. It is important to use the methodology of the transport needs and transport services for population in a small town.

Discussion and conclusions. On the basis of the conducted surveys of passenger traffic, the average hourly volume of transportation on routes is revealed and the unevenness of traffic volume is calculated.

KEYWORDS: passenger, quality, transport, selection, carriers.

© Ch.D. Shavyraa



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Комфортабельное и своевременное обслуживание пассажиров является важным для Республики Тыва. Для правильной организации работы перевозчиков необходимо провести обследования пассажиропотоков, т.к. от этого зависит количество необходимого подвижного состава, расписание движения, вместимость автобусов, регулярность работы транспорта в городе.

В связи с трудным материальным положением муниципального предприятия в г. Кызыл в 1990–2000 гг. произошло сокращение объемов перевозок. Решением проблемы стало привлечение частных операторов, которые частично компенсировали рост объемов перевозок [1].

Транспортные проблемы современных городов России имеют сложный спектр причин и разнообразные проявления [2]. Нарушение скоростного режима, Правил дорожного движения, использование большого количества автобусов малой вместимости приводит к увеличению дорожно-транспортных происшествий и ухудшению экологической обстановки в городе. Для решения возникших проблем в первую очередь необходимо провести обследования пассажиропотоков в г. Кызыл. Последние обследования были проведены в 1980-х годах и данные являются устаревшими.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В г. Кызыл частные операторы используют для перевозок как правило транспортные средства малой вместимости, позволяющие ускорить доставку пассажиров и сократить интервалы движения. Главной проблемой г.Кызыл является конкуренция на рынке, переизбыток предложения на прибыльных маршрутах, использование маршрутных такси малой вместимости, что отрицательно сказывается на качестве перевозок в часы пик, старение парка подвижного состава.

В соответствии с Федеральным законом «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные

акты Российской Федерации» от 13.07.2015 N 220-ФЗ перевозчики всех форм собственности в равной мере должны оказывать услуги надлежащего качества населению^{1, 2}.

Организация конкурсного допуска перевозчиков на маршрутную сеть должна осуществляться по стоимостным и качественным критериям, путем отбора лучшего контракта на обслуживание пассажиров. Обычно в качестве ценового предложения рассматривается либо проездная плата, либо запрашиваемый объем бюджетного финансирования [3]. При этом возникает модель регулируемого рынка, т.е. «конкуренция за рынок». Стоимость транспортных услуг по контракту может быть значительно ниже, а эффективность работы – высокой [3].

Мэрией г. Кызыл был проведен конкурсный отбор перевозчиков по критерию перекрестного субсидирования убыточных маршрутов за счет включенных в тот же лот прибыльных маршрутов.

В последние годы на многих транспортных средствах для контроля работы перевозчиков различных форм собственности, работающих на маршрутах города, стали устанавливать систему «Эра-Глонасс». Данная система позволяет контролировать работу перевозчиков. До внедрения системы было много проблем у населения и у администрации города. Перевозчики хотели работать только на доходных маршрутах, а на маршрутах с небольшим пассажиропотоком они брали выходной день [4].

По просьбе администрации города было проведено обследование пассажиропотоков с учетом дальнейшего планирования маршрутной сети.

Оптимальное планирование маршрутной сети является решающим фактором для эффективной работы транспорта общего пользования. Могут наблюдаться большие различия в качестве обслуживания, объемах перевозок и затрат на эксплуатацию в зависимости от степени реализации ключевых требований [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для малого города актуально использование методики обследования транспортных по-

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

² Федеральный закон Российской Федерации от 13 июля 2015 года № 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации».

требностей и транспортного обслуживания населения [6,7,8]. Для получения более полной информации можно воспользоваться обследованием перемены мест работы и жительства и их детальной характеристики.

Специфика маршрутной сети г. Кызыла заключается в невозможности использования как стандартной классификации маршрутов в соответствии с нормативными документами, так и классификации, принятой в ОКУН-93. Поэтому для данного города предполагается следующая классификация действующих регулярных маршрутов:

1-я группа – междугородние маршруты, обеспечивающие перевозки пассажиров между районами Республики Тыва и г. Кызылом и терминалами транспортных систем, обеспечивающих связь г. Кызыл с внешним миром;

2-я группа – производственные маршруты, обеспечивающие транспортную связь селитебных зон городов г. Кызыла с производственными объектами;

3-я группа – условно-обслуживающие маршруты, обеспечивающие перевозки пассажиров в селитебных зонах городов г. Кызыла и обеспечивающие транспортные связи городов.

Примерное распределение действующих маршрутов можно представить диаграммой, приведенной на рисунке.

Представленный материал наглядно показывает основной вид регулярных маршрутов в г. Кызыле.

Был совмещен натурный способ подсчета пассажиропотоков на остановочных пунктах города с анкетным опросом, с занесением результатов в таблицу.

Результаты обработки актов замера протяженности маршрутов, диаграмм объемов, перевезенных пассажиров по часам суток, представлены в таблице. Здесь также приведена информация по отнесению конкретного маршрута к предлагаемым классификационным группам.

Рассмотрим основные параметры, характеризующие производственные маршруты (группа 2):

- средняя длина маршрута $l_{cp} - 10,6$ км;
- средняя длина перегона $l_{cp} - 0,63$ км;
- минимальная длина перегона $l_{min} - 0,280$ км;
- максимальная длина перегона $l_{max} - 1,560$ км.

Минимальная длина перегона на маршрутах этой группы реализуется в селитебных зонах городов Кызыла, максимальная связывает окраины г. Кызыла.

Для маршрутов группы 3 основные параметры характеризуются следующими цифрами:

- средняя длина маршрута $l_{cp} - 16,5$ км;
- средняя длина перегона $l_{cp} - 1,04$ км;
- минимальная длина перегона $l_{min} - 0,2$ км;
- максимальная длина перегона $l_{max} - 3,3$ км;

– суточный объем пассажиропотоков $Q_{сут}$ (пасс./сут);

– минимальный объем пассажиропотоков Q_{min} (пасс./ч);

– максимальный объем пассажиропотоков Q_{max} (пасс./ч);

– коэффициент неравномерности нагрузки η_n .

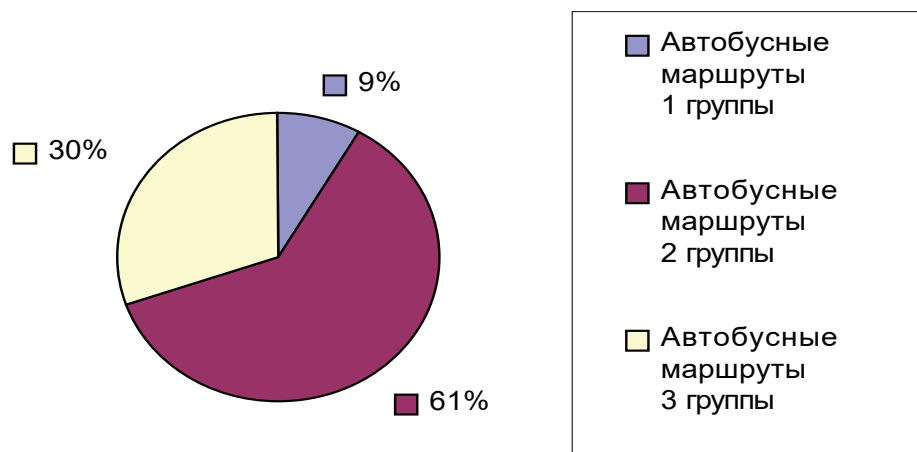


Рисунок – Распределение действующих маршрутов

Figure1 – Distribution of valid routes

Для определения общего размера передвижений по зонам и в целом по городу все население делится на группы. Процентное соотношение групп населения в зависимости от характеристики города принимают в соответствии с данными генерального плана города [8,9]. По расчетным зонам соотношение различных групп населения, как правило, неодинаково. Поэтому перед расчетами следует уточнить численность отдельных групп населения в каждой зоне. Все передвижения, совершаемые в черте города населением, подразделяют на три категории: трудовые (деловые), на учебу и культурно-бытовые [10,11].

Из полученных данных виден минимальный среднечасовой объем перевозки, который составляет $Q_{\min}$ – 65 пасс./час., максимальный $Q_{\max}$ – 1 500 пасс./час., 85% действующих маршрутов имеют среднечасовой объем перевозок не превышающий 1 000 пасс./час. Неравномерность нагрузки на маршрутах

оценивается коэффициентом η_n . Максимальное значение $\eta_n = 2,68$ (маршрут № 15), среднее значение по действующим маршрутам $\eta_n = 1,37$ – обычный уровень регулярных маршрутов на пассажирском транспорте. На основе проведенных обследований может быть получена модель взаимодействия транспортного спроса и предложения, рассчитывающая перераспределение транспортных потоков [12]. Достичь номинального уровня перечисленных критериев можно путем доведения до уровня отраслевого стандарта количества подвижного состава [13].

В настоящее время исследованиями моделей управления городскими транспортными потоками заняты многие российские и зарубежные научные коллективы [14]. Дальнейшим шагом может быть внедрение интеллектуальных транспортных систем при организации пассажирских перевозок.

ТАБЛИЦА
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАССЫ И НАГРУЗКИ НА МАРШРУТЫ
TABLE
CHARACTERISTICS OF THE ROUTE AND TRANSPORTATION VOLUME OF ROUTES

Номер маршрута	Перегоны, км.			$Q_{\text{сут}}$ (пасс./сут)	$Q_{\min}$ (пасс./ч)	$Q_{\max}$ (пасс./ч)	η_n
	$L_{\max}$ (км)	$L_{\min}$ (км)	$L_{\text{ср.}}$ (км)				
Вавилинский затон	11,3	1,7	7,9	1025	53,9	95	1,76
2 «а»	3,3	0,3	1,255	16 800	884,2	2 500	2,8
3	2,7	0,3	0,96	5 620	267,6	890	3,32
4	2,6	0,5	1,032	18 900	900	2 000	2,2
4а	1,1	0,4	0,59	8 700	435	1 050	2,4
6	1,5	0,3	0,65	48400	2200	4 500	2,04
8	1,6	0,3	0,69	1 100	84,6	310	3,6
12	1,2	0,2	0,46	8 920	469,4	1 350	2,8
14	1,3	0,3	0,48	4 860	255,7	650	2,5
15	1,6	0,4	0,62	15 970	760,4	1 900	2,49
17	1,5	0,3	0,58	4 380	230,5	1 080	4,68
20	1,5	0,3	0,6	16 850	765,9	2 150	2,8
22	1,6	0,2	0,56	9 170	587,8	950	1,6
30	2,6	0,4	1,16	17 110	25,6	2 250	2,53
30 «а»	1,2	0,2	0,5	4 130	206,5	540	2,6
19	1,2	0,2	0,43	9 700	510,5	1 300	2,54
1а	1,3	0,2	0,42	12 240	582,8	1 600	2,7
7 «а»	1,4	0,3	0,6	9 570	478,5	900	1,8
18	0,9	0,2	0,53	6 230	327,8	950	2,89
6 «а»	0,9	0,2	0,55	3 630	191,1	450	2,35
38	1,4	0,2	0,5	11 950	597,5	1 300	2,17

ОБСУЖДЕНИЕ

По просьбе жителей поставить автобусы марки ПАЗ для работы на маршрутах, обслуживающих п.г.т. Каа-Хем, п. Спутник, дачи (Левобережные и Правобережные) в связи с тем, что они являются социально значимыми районами и с большим пассажиропотоком.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных обследований пассажиропотоков выявлен среднечасовой объем перевозки по маршрутам, рассчитана неравномерность нагрузки на маршрутах, минимальная длина перегона. Следующим шагом будет построение транспортной модели города, разработка маршрутной сети, выбор и количество подвижного состава для каждого маршрута, составление расписания движения. Полученные после обследований пассажиропотоков данные помогут составить оптимальную сеть автобусных маршрутов г. Кызыла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шавыраа Ч.Д., Горев А.Э. Организационные преобразования в сфере городского пассажирского транспорта в городе Кызыле Республики Тыва // Автотранспортное предприятие. 2009. С.18–20.
2. Болтенко Ю.А. Проблемы и перспективы общественного пассажирского транспорта города Омска // Вестник СибАДИ. 2017. № 2(54). С. 59–66. [https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-2\(54\)-59-66](https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-2(54)-59-66).
3. Сорокин С.В., Каспер М.Е. Перспективы развития общественного пассажирского транспорта города Омска // Вестник СибАДИ. 2015. (5(45)). С.38–44. [https://doi.org/10.26518/2071-7296-2015-5\(45\)-38-44](https://doi.org/10.26518/2071-7296-2015-5(45)-38-44).
4. Шавыраа Ч.Д. Методика управления пассажирскими перевозками в Республике Тыва // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: сборник трудов участников тринадцатой междунар. науч.-практ. конф. / СПбГАСУ. СПб., 2018. С. 227–234.
5. Попова О.В., Горев А.Э., Шавыраа Ч.Д. Принципы планирования современных маршрутных систем городского пассажирского транспорта // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: сборник трудов (электронная версия) участников тринадцатой междунар. науч.-практ. конф. / СПбГАСУ. СПб., 2018. С. 213–218.
6. Shavyraa Ch.D., Kara-Sal B.S. Optimization methodology of interurban transport routes of automobile passenger transport // Меж-

дународный научно-исследовательский журнал. 2018. № 6-2 (72). С. 64–66.

7. 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: 05.09.2018)

8. Блудян Н. Реформирование пассажирского транспорта // Автомобильный транспорт. 2005. № 2. С. 29.

9. Криницкий Е.Е. Пассажирский транспорт: организация и порядок // Автомобильный транспорт. 2008. №4. С. 34–37.

10. Филиппова Н.А., Безъязычная Т.А. Анализ организации автомобильных перевозок на основе информационных технологий // Автоматизация и управление в технических системах. 2015. № 3. С. 142–147.

11. Ошорова В.В., Чеботаев А.А., Ивахненко А.М., Ивахненко А.А. Исследование эффективности транспортной подвижности жителей мегаполисов при использовании различных видов транспорта на городских маршрутах // Science and Practice: new Discoveries. Kirov: MCNIP LLC, 2015.

12. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Методы и модели построения матриц транспортных корреспонденций // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 2–3 (217–222). С. 49–70.

13. Некоторые вопросы организации обслуживания населения автобусными перевозками. М.: ГУП «Центрортгудавто-транс», 1999. 114 с.

14. Селиверстов Я.А., Стариченков А.Л. Построение моделей управления городскими транспортными потоками в условиях неопределенности внешней информационной среды // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2014. № 6(210). С. 81–94.

REFERENCES

1. Shavyraa Ch.D., Gorev A.E. Organizatsionnyie preobrazovaniya v sfere gorodskogo passagirskego transporta v gorode Kyzyle Respubliki Tyva [Organizational transformations in the sphere of urban passenger transport in Kyzyl city of the Tuva Republic]. *Avtotransportnoe predpriyatie*, 2009 pp.18–20. (in Russian)
2. Boltenko J.A. Problemy i perspektivy obshchestvennogo passagirskego transporta

goroda Omska [Problems and prospect of public transport in Omsk city]. *Vestnik SibADI*, 2017, no 2(54), pp.59–66. (In Russ.)[https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-2\(54\)-59-66](https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-2(54)-59-66).

3. Sorokin S.V., Kasper M.E. Perspektivy razvitiya obshestvennogo passgirskogo transporta goroda Omska [Prospects for the development of public transport of Omsk city]. *Vestnik SibADI*, 2015; no 5(45), pp. 38–44. (In Russian) [https://doi.org/10.26518/2071-7296-2015-5\(45\)-pp.38-44](https://doi.org/10.26518/2071-7296-2015-5(45)-pp.38-44).

4. Shavyraa C.D. Metodika upravleniya passagirskimi perevozkami v Respublike Tyva [Management of passenger transportation in the Tuva Republic]. *Organization and safety of traffic in large cities: a collection of works of participants of the thirteenth international scientific-practical conference / SPbGASU*. St. Petersburg, 2018. pp. 227–234.

5. Popova O.V., Gorev A.E., Shavyraa C.D. Prinsipy planirovaniya sovremennykh marshrutnykh system gorodskogo passagirskogo transporta v krupnykh gorodakh [Principles of planning modern route systems for urban passenger transport]. *Organization and safety of traffic in large cities: a collection of works (electronic version) of participants of of the thirteenth international scientific-practical conference / SPbGASU*. St. Petersburg, 2018. pp. 213–218.

6. Shavyraa Ch.D., Kara-Sal B.S. Optimization methodology of interurban transport routes of automobile passenger transport / *International Scientific and Research Journal*, 2018, no. 6–2 (72). pp. 64–66.

7. 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: 05.09.2018)

8. Bludyan N. Reformirovaniye passagirskogo transporta [Passenger transport reforming]. *Avtomobilnyi transport*, 2005, no 2, pp. 29.

9. Kriniskii E.E. Passagirski transport: organizatsia i poriadok [Passenger transport: organization and order]. *Avtomobilnyi transport*, 2008, no 4, pp. 34–37.

10. Filippova N.A., Languageless T.A. Analiz organizatsii avtomobilnykh perevozok na osnove informatsionnykh tekhnologii [Analysis of the road transport organization based on information technology]. *Automatizatsia i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*, 2015, no 3, pp. 142–147.

11. Oshorova V., Chebotaev A.A., Ivakhnenko A. M., Ivakhnenko A.A. Issledovanie effektivnosti transportnoi podvignosti giteley megapolisov na osnove informatsionnykh tekhnologii [Investigation

of the transport mobility efficiency of the residents in megalopolises when using different types of transport on urban routes]. *Science and Practice: New Discoveries*. Kirov: MCNIP LLC, 2015.

12. Seliverstov Ya.A., Seliverstov S.A. Metody i modeli transportnykh korrespondentsiy [Methods and models for constructing transport correspondence matrices]. *Scientific and Technical Statements of the St. Petersburg State Technical University. Computer science. Telecommunications. Control*, 2015, no 2–3 (217–222), pp. 49–70.

13. .Nekotorye voprosy organizatsii obsluzhivaniya naseleniya avtobusnymi perevozkami [Some questions of the public services' organization by bus transportation]. Moscow, State Unitary Enterprise Tsentrorgtrudavto-trans, 1999. 114 p.

14. Seliverstov Ya.A. Postroyeniye modeley upravleniya gorodskimi transportnymi potokami v usloviyakh neopredelennosti vneshney informatsionnoy sredy [Construction of the urban traffic control model under the conditions of information uncertainty]. *Nauchnotekhnicheskiye vedomosti SPbGPU. Informatika. Telekommunikatsii. Upravleniye* [St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Computer Science. Telecommunication and Control]. St. Petersburg: SPbGPU Publ., 2014, No. 6 (210), pp. 81–94.

Поступила 06.10.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Шавыраа Чечек Деспи-ооловна – канд. техн. наук, доц. кафедры «Транспортно-технологические средства» ФГБОУ ВО Туvinского государственного университета, ORCID: 0000-0003-1361-319 (667000, Россия, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Ленина, 36. e-mail: Shavyraa@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Shavyraa Chechek – Ph.D. (Engineering), Associate Professor of the Transport and Technological Facilities Department, Tuvan State University, ORCID ID 0000-0003-1361-319 (667000, Russia, Tuva Republic, Kyzyl, 36, Lenin St., e-mail: Shavyraa@mail.ru).

РАЗДЕЛ III.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 69.05

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ УНИКАЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.Ф. Андрюшенков, Н.С. Воловник, А.А. Андрюшенков
ФГБОУ ВО «СибАДИ»,
г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В процессе разработки проектов производства работ (ППР) при строительстве уникальных зданий и сооружений возникает необходимость детального рассмотрения технологических решений возводимого объекта. Особенности разработки ППР рассмотрены на примере факельной башни в составе факельной установки предприятия по переработке нефти. Проблемы организационно-технологического проектирования (разработка ППР) для такого типа сооружений приходится решать многократно, ввиду того что по всей стране идет модернизация предприятий по переработке нефти. Полученные результаты расчетов позволяют получить более рациональные технологические решения для строительства факельной башни, влияющие на сроки ввода факельной установки в эксплуатацию.

Методы. Технология строительства факельной башни в составе факельной установки достаточно сложна, что обусловлено конструктивными особенностями уникального сооружения и стесненной строительной площадкой. Выбор технологии строительства факельной башни производился с учетом особенности ее конструктивного решения и детального рассмотрения вариантов механизации монтажа. Варианты были оценены с использованием экономического критерия (приведенных затрат). В расчетах заложены современные монтажные краны, рекомендованные для использования на данном типе уникальных сооружений.

Результаты. В результате технико-экономических расчетов технологии возведения факельной башни был выбран метод ее возведения, соответствующий рациональному варианту механизации монтажных работ. В статье даны результаты расчетов приведенных затрат по вариантам, а также технические характеристики кранов. Технология монтажа факельной башни организована с укрупнительной сборкой блоков башни.

Заключение. Разработана технология монтажа по смешанной схеме по выбранному варианту.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: уникальное сооружение, факельная башня, организационно-технологические расчеты, технология возведения факельной башни по смешанной схеме.

© А.Ф. Андрюшенков, Н.С. Воловник, А.А. Андрюшенков



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

TECHNOLOGY OF UNIQUE BUILDINGS' CONSTRUCTION IN THE CONSTRAINED CONDITIONS OF OPERATING ENTERPRISE

A.F. Andryushenkov, N.S. Volovnik, A. A. Andryushenkov
Siberian State Automobile and Highway University,
Omsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. *There is a need for detailed consideration of technological solutions of the constructed object while the process of the work projects' development (WPD). The features of WPD development are considered on the basis of the flare tower as a part of the flare installation of the oil refining enterprise. The problems of organizational and technological design (development of WPD) for such facilities' type should be solved many times due to the fact that there is a modernization of oil refining enterprises in the country. Moreover, the obtained results of calculations allow conducting more rational technological solutions for the construction of the flare tower and such solutions affect the period of the flare installation.*

Materials and methods. *The technology of the flare tower construction as a part of the flare installation is quite complex due to the features of the unique structure and cramped construction site. Accordingly, the choice of technology for the flare tower construction is made by using the features of its design solution and by the detailed consideration of options for installation mechanization. The options are evaluated by using an economic criterion (reduced cost). The calculations are based on modern installation cranes recommended for usage on this type of unique structures.*

Results. *As a result of technical and economic calculations of the flare tower construction technology, the method of its construction is chosen due to the rational version of installation mechanization. The paper presents the calculations' results of the given costs and the technical characteristics of the cranes. In addition, the technology of the flare tower installation is organized with the method of the tower blocks assembly.*

Discussion and conclusions. *As could be seen, the construction technology by the mixed scheme on the chosen option is developed by the authors.*

KEYWORDS: *unique structure, flare tower, organizational and technological calculations, technology of the flare tower construction according to the mixed scheme.*

© A.F. Andryushenkov, N.S. Volovnik, A. A. Andryushenkov



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении многих лет на Омском нефтеперерабатывающем заводе (далее – Омском НПЗ) реализуется крупномасштабная программа модернизации, целью которой является создание фактически нового предприятия, технологического лидера отрасли. Омский НПЗ наряду с модернизацией осуществляет масштабную экологическую программу. Поэтому все реализуемые предприятием проекты технического перевооружения решают в том числе и экологические задачи, внедряются передовые стандарты промышленной и экологической безопасности. Благодаря реализации программы модернизации Омским НПЗ за последние годы при росте переработки на треть удалось снизить на 36% воздействие производства на окружающую среду. По объему инвестиций и эффективности реализуемых проектов Омский НПЗ – лидер внедрения природоохранных инициатив.

Одним из объектов модернизации на Омском НПЗ является факельная установка – совокупность устройств, аппаратов, трубопроводов и сооружений для сжигания сбрасываемых паров и газов. Обсуждение вопросов проектирования, строительства и эксплуатации уникальных зданий и сооружений находится постоянно под пристальным вниманием отечественных и зарубежных ученых, что отражено в целом ряде работ и говорит об актуальности вопросов обсуждения [1,2,3,4,5,6,7,8].

В работах ученых отмечено, что возведение высотных зданий и сооружений должно базироваться на применении современных технологий и высокопроизводительного современного монтажного оборудования (современных монтажных кранов).

В работе [8] Elbakheit A.R. уделяет внимание потенциальным технологиям JF Sustainable при возведении высотных сооружений и зданий. В работе [9] С.А. Синенко, Э. Эммин и др. анализируют опыт применения новых технологий возведения высотных зданий на примере строительства комплекса ММДЦ «Москва-Сити», где рассмотрены современные монтажные краны при строительстве объекта. В работах [10,11] зарубежные авторы отмечают особенности возведения высотных зданий и сооружений в XXI веке, Лю Ж. и Чоу У. акцентируют внимание на сохране-

нии тепла и вопросах пожарной безопасности высотных зданий как при их возведении, так и при эксплуатации.

В работах [12,13] Н.В. Самосудова приводит обзор современных тенденций развития строительных технологий на примере Китая, а также в работе [13] совместно с А.Д. Черкасс уделяет внимание современным технологиям возведения высотных зданий с применением уникальной технологии 3Д-принтера. Авторы отмечают, что, учитывая высокую степень ответственности высотных зданий, данная технология дает высокую производительность труда и качество работ. В [14] А.Д. Кирнев и Г.В. Несветаев приводят современную информацию о применяемых монтажных кранах для высотного строительства.

В работах отечественных и зарубежных ученых отмечается целый ряд особенностей не только в применении инновационных материалов, но и технологий при возведении уникальных зданий и сооружений [15,16]. Работы [17,18] посвящены вопросам организационно-технологического проектирования, включая вопросы безопасности при их строительстве и эксплуатации [19].

М.В. Миронов и Ю.Е. Острякова в статье «Изменения в градостроительном кодексе в 2017 г. и их влияние на деятельность СРО»¹ рассмотрели изменения в градостроительном кодексе и их влияние на организационно-технологическое проектирование и деятельность саморегулируемых строительных организаций в строительстве (СРО).

Г.И. Абдуллаев в работе [20] связывает организационно-технические параметры строительства с уровнем надежности возводимых сооружений.

Авторы С.А. Синенко и А.М. Славин в работе [21] непосредственно рассматривают вопросы выбора оптимального организационно-технологического решения и дают рекомендации.

С.А. Чебанова, О.В. Бурлаченко, В.Г. Поляков в работе [22] освещают очень актуальную информацию – организационно-технологические решения в стесненных городских условиях. Однако в работах недостаточно полно рассмотрены вопросы организации и технологии возведения уникальных зданий и сооружений. Цель работы – на основании изучения методов организации и технологии возведения со-

¹ Миронов М.В., Острякова Ю.Е. Изменения в градостроительном кодексе в 2017 г. и их влияние на деятельность СРО // Теория и практика технических, организационно-технологических решений. Иваново., 2017. С.121–130.

оружий башенного типа предложить метод выбора рационального решения технологии возведения факельной башни в стесненных условиях действующего предприятия.

КОНСТРУКТИВНАЯ СИСТЕМА ФАКЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Факельная система представляет собой комплекс сооружений, имеющих в своем составе три факельных ствола и общую для них факельную башню, обслуживающие площадки, ограждение факела. Факельная башня предназначена для сжигания газов и сброса продуктов сгорания в атмосферу.

Территория факельного блока радиусом 130 м ограждена металлическим сетчатым ограждением. Произведено благоустройство территории.

Вертикальная труба с оголовком, затвором, средствами контроля автоматизации является факельным стволом, который обеспечивает раздельное сжигание газов и сброс продуктов сгорания в атмосферу.

Факельная система с опорной башней и опускаемыми стволами является распространенным вариантом опорных конструкций высотных факельных систем. Факельный оголовок установлен на вершине одного или нескольких факельных стволов, удерживающихся вертикально опорной башней. Как и у традиционной факельной системы требуется дополнительный фундамент для опор башни.

Башня факела имеет в плане треугольное очертание с длиной сторон 20,0 м до отметки 108,0 м, трапециевидное очертание в плане с отметки 108,00 м до отметки 120,00 м. Высота факельных стволов 124 м.

Уникальность факельной башни подтверждается рядом характеристик, отмеченных в «Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности» (Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ).

Соединение секций башни осуществляется на фланцах, соединение элементов решетки болтовое при помощи фасонки.

Диафрагмы в башне располагаются с шагом 12 м. Конструктивное исполнение узла опирания факельного ствола с диафрагмой обеспечивает восприятие боковых нагрузок от ствола. Диафрагмы используются в качестве площадок обслуживания узлов опирания и переходных площадок для подъема к факельному оголовку.

Башня факела выполнена из труб. Подъем на площадки обслуживания осуществляется по металлическим стремянкам. Ограждения

площадок обслуживания и стремянок выполнены из прокатных профилей. Для обеспечения устойчивости стволы присоединяются к опорной решетчатой башне через узлы опирания.

Опорная башня запроектирована полностью пирамидальной. Элементы башни выполнены из труб с маркой стали 09Г2С-12. Стойки выполнены из труб диаметром 710–325 мм, связи 325-140 мм. На рисунке 1 представлен разрез башни на отметке +24,00 м. На отметке 120 м располагается световое ограждение для обеспечения безопасности полетов авиации в соответствии с требованиями РЭГА РФ-94 «Руководство по эксплуатации гражданских аэродромов РФ».

Уровень ответственности факельной башни – особо высокий (1а) (п. 9.1 ГОСТ Р 54257–2010). В связи с этим необходим мониторинг технического состояния объекта как на стадии монтажа, так и на стадии его эксплуатации, что представляет значительный интерес и может быть темой специальных исследований.

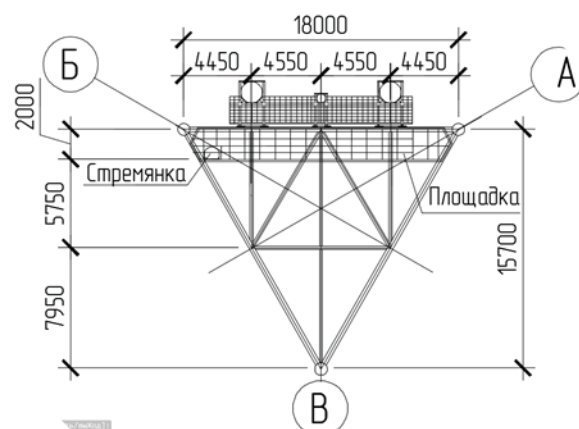


Рисунок 1 – Разрез башни на отметке +24,00

Figure 1 – Around section of the tower at +24,00

МЕТОДЫ. ВАРИАНТЫ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Метод монтажа факельной башни и подробная технология возведения сооружения в составе ППР предшествуют началу строительства – это подготовка к строительству объекта.

Особенно это актуально при возведении уникальных объектов, к которым относится факельная башня.

Проблема возведения уникального сооружения высотой 120 м требует разработки метода его возведения.

Для данного сооружения приемлемым ме-

тодом может быть метод наращивания. Но данный метод может иметь в каждом конкретном случае свои особенности. Предлагается возведение факельной башни методом наращивания по смешанной схеме.

Статья отражает аспекты технологии возведения опорной (факельной) башни начиная с рассмотрения вариантов технологии возведения, их технико-экономического обоснования и описания выбранного варианта технологии, соответствующего данной методологии.

В статье рассматриваются 2 варианта возведения факельной башни.

Башня возводится в стесненных условиях действующего промышленного предприятия. При этом в данных условиях необходимо организовать всю строительную площадку: разместить монтажные краны, площадку укрупнительной сборки секций, подъездные пути и приобъектное складское хозяйство. Особенности пространственно-стержневой конструкции башни влияют на технологию ее возведения.

Опираясь на данные архитектурно-конструктивных решений, условия строительства, рассмотрим варианты монтажа башни по смешанной схеме.

Вариант 1 – осуществлять монтаж до отметки +48,000 посекционно автокраном TEREX AC350, с отметки +48,000 поэлементно самоподъемным краном УПК-4.

Вариант 2 – осуществлять монтаж до отметки +48,000 посекционно автокраном - Libher LG 1 550, а с отметки +48,000 поэлементно самоподъемным краном УПК-4.

Варианты монтажа факельной башни представлены на рисунке 2.

Были рассмотрены варианты монтажа башни разными монтажными кранами с расчетом производительности и определением экономического критерия – приведенных затрат комплектов механизации. Секции башни, как и все ее тело, представляют пространственную конструкцию. В нижней части башни секция имеет размеры в плане в виде треугольника со стороной 18 м. Высота секции 12 м. Вес самой тяжелой секции – 23 т.

Выбор монтажных кранов осуществлялся традиционно начиная с расчета монтажных характеристик, а затем по современной справочной литературе [15] были определены технические характеристики монтажных кранов.

При определении монтажных характеристик было учтено: масса самой тяжелой секции 22,517 т, такелажная оснастка для

подъема секции 0,448 т. При поэлементном монтаже: масса самого тяжелого элемента 4,5 т, такелажная оснастка для подъема элементов 0,028 т.

Техническая производительность крана P_T определялась по формуле [15]:

$$P_T = (60 / t_{\text{ц}}) \cdot Q \cdot K_r, \quad (1)$$

где Q – грузоподъемность крана, т (принимается по техническому паспорту);

K_r – коэффициент использования крана по грузоподъемности;

$t_{\text{ц}}$ – продолжительность монтажного цикла работы крана, мин.

Критерием при выборе рационального варианта является минимум приведенных затрат [15]:

$$P_{\text{з.уд}} = C_{ei} + E_n \cdot K_{i\text{уд}} \rightarrow \min \quad (2)$$

где C_{ei} – себестоимость монтажа одной тонны конструкции, руб.;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, в расчетах принимается равным 0,15, 1/год. Данный коэффициент обратно пропорционален сроку окупаемости капитальных вложений;

$K_{i\text{уд}}$ – удельные капитальные вложения по i -му варианту, руб.

$$C_{ei} = \frac{C_{\text{маш.-ч}} \cdot 8,2 \cdot n_{\text{маш.-см}}}{P_{\text{н.см}}}, \quad (3)$$

где $C_{\text{маш.-ч}}$ – себестоимость маш.-часа работы i -го крана, руб; [15];

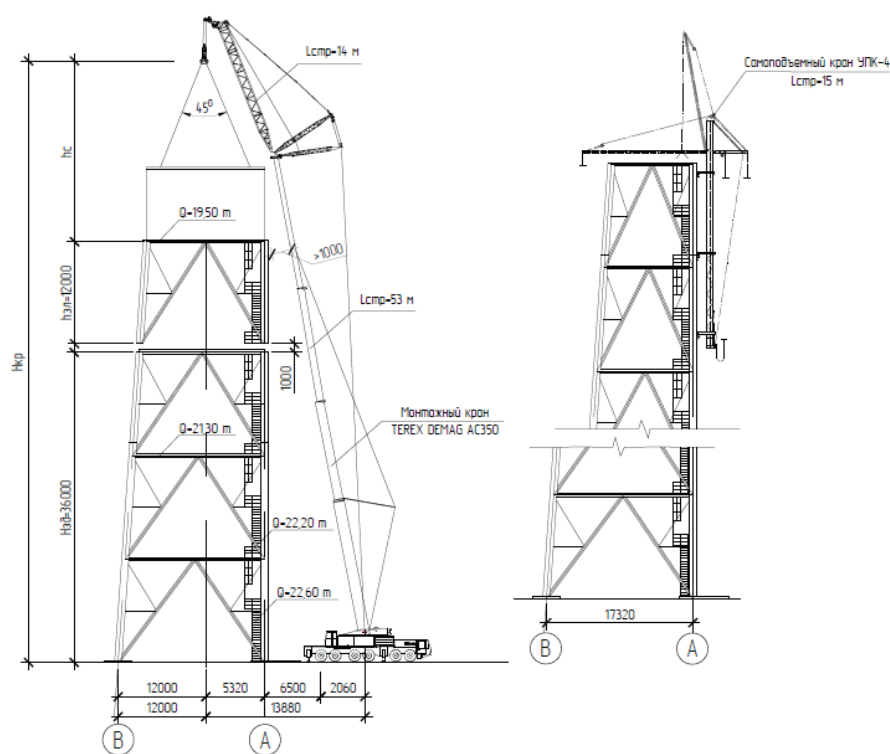
8, 2 – продолжительность рабочей смены, час;

$n_{\text{маш.-см}}$ – количество маш.-см работы крана на строительной площадке;

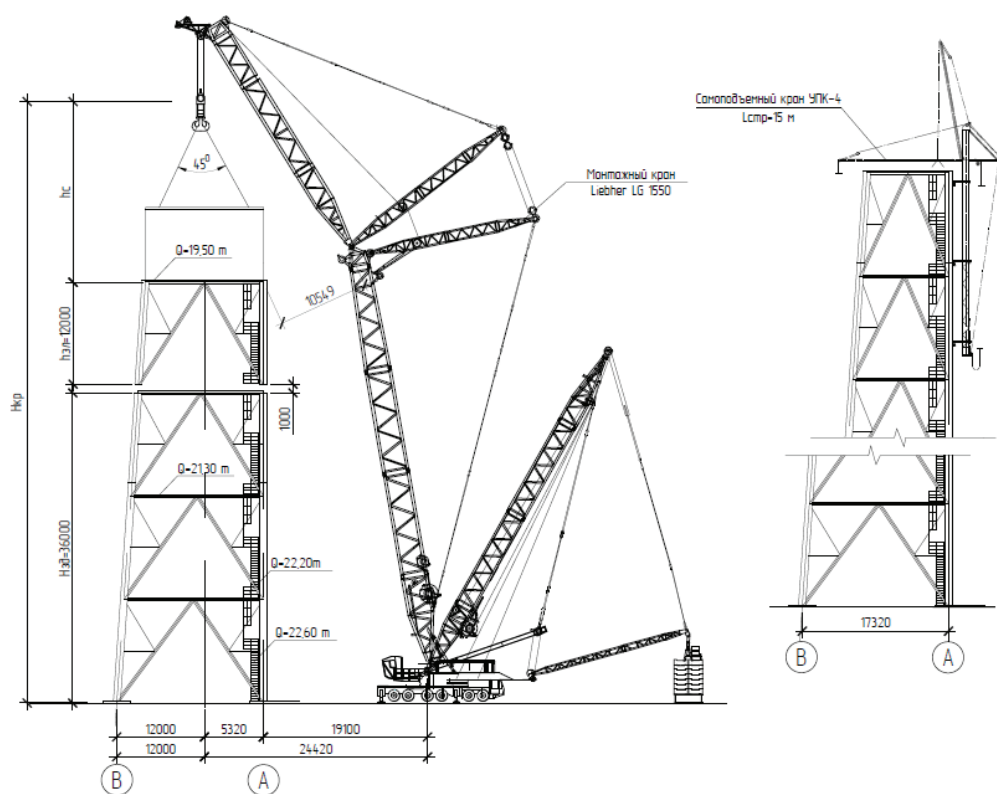
$P_{\text{н.см}}$ – нормативная сменная эксплуатационная производительность крана на монтаже конструкций данного потока, т/см.

Данные расчетов приведены в таблицах 1, 2.

Для расчетов себестоимости эксплуатации комплектов монтажных кранов использованы исходные данные: балансовая стоимость, руб TEREX DEMAG AC-350 – 88 000 000; УПК -4 – 870 000. Мощность, кВт: TEREX DEMAG AC-350 – 205; УПК -4- 100. Балансовая стоимость, руб. Libher LG 1550– 180 000 000; Мощность, кВт Libher LG 1550-300.



Вариант 1.



Вариант 2.

Рисунок 2 – Варианты возведения факельной башни

Figure 2 – Variants of the flare tower construction

ТАБЛИЦА 1
ПРИВЕДЕННЫЕ ЗАТРАТЫ ПЕРВОГО ВАРИАНТА КРАНОВ
TABLE 1
COSTS OF THE FIRST CRANE VARIANT

Наименование показателя	Ед.изм	TEREX DEMAG AC-350	УПК-4
Производительность	т/час	13,86	1,77
Себестоимость эксплуатации	тыс. руб./год	33 069	10 876
Приведенные затраты	руб./т	989 4,4	195 94,5
Всего	руб./т	294 88,9	

ТАБЛИЦА 2
ПРИВЕДЕННЫЕ ЗАТРАТЫ ВТОРОГО ВАРИАНТА КРАНОВ
TABLE 2
COSTS OF THE SECOND CRANE VARIANT

Наименование показателя	Ед.изм	Libher LG 1550	УПК-4
Производительность	т/час	13,94	1,77
Себестоимость эксплуатации	тыс. руб./год	56 428	10 876
Приведенные затраты	руб./т	175 85,2	195 94,5
Всего	руб./т	371 79,7	

В результате расчетов предпочтение отдается первому варианту.

Предлагаемая авторами технология возведения факельной башни не является традиционной. В данном техническом проекте авторами выполнены предложения по технологии возведения факельной башни, которые соответствуют ее конструктивному решению, отражают уникальность сооружения и строительство в стесненных условиях действующего предприятия. Организационно-технологическая документация, содержащая данную информацию по возведению факельной башни, способствует принятию рациональных и правильных инженерных решений.

Монтаж башни выполняется в 2 этапа.

Перед монтажом на площадке укрупнительной сборки, выполненной из дорожных плит, необходимо собрать элементы в секцию. В укрупнительную сборку входят работы по монтажу элементов, постановки высокопрочных болтов. Все элементы секции поступают с завода готовыми к сборке с отверстиями для болтов.

После укрупнительной сборки проводится антикоррозийная защита всех элементов секции.

Затем производят монтаж секции автомобильным краном TEREX DEMAG AC-350. При монтаже удерживают монтируемую секцию тремя оттяжками от кручения и касания ранее смонтированных конструкций.

МОНТАЖ СЕКЦИЙ БАШНИ КРАНОМ TEREX DEMAG AC350

Автомобильным краном TEREX DEMAG AC350 выполняется монтаж секций С-1, С-2, С-3, С-4.

Перед монтажом на площадке укрупнительной сборки необходимо объединить в монтажные блоки: секцию С-1 с отметки +0,250 до отметки +12,00 и секцию С-2. Произвести монтаж этих секций в проектное положение. Затем повторить операции с секциями С-3 и С-4.

Секции собираются целиком: несущие конструкции, площадки, лестницы и прочие элементы. Особое внимание следует уделить установке элементов усиления, опорных столиков, необходимых для установки опорных балок самоподъемного крана.

Монтаж секций автокраном ведется в следующей последовательности:

- застропить монтируемую секцию на площадке укрупнительной сборки автокраном;
- поворотом стрелы автокрана установить монтируемую секцию в положение, предшествующее монтажу;
- установить оттяжки из капронового каната;
- установить секцию в проектное положение и закрепить согласно проекту. При монтаже удерживать монтируемую секцию тремя оттяжками от кручения и касания ранее смонтированных конструкций;
- выполнить расстроповку секции;

- монтаж следующих секций вести согласно предыдущих пунктов. На рисунке 3 изображено положение крана TEREX DEMAG AC350 при укрупнительной сборке и монтаже секций С-1, С-2, С-3, С-4.

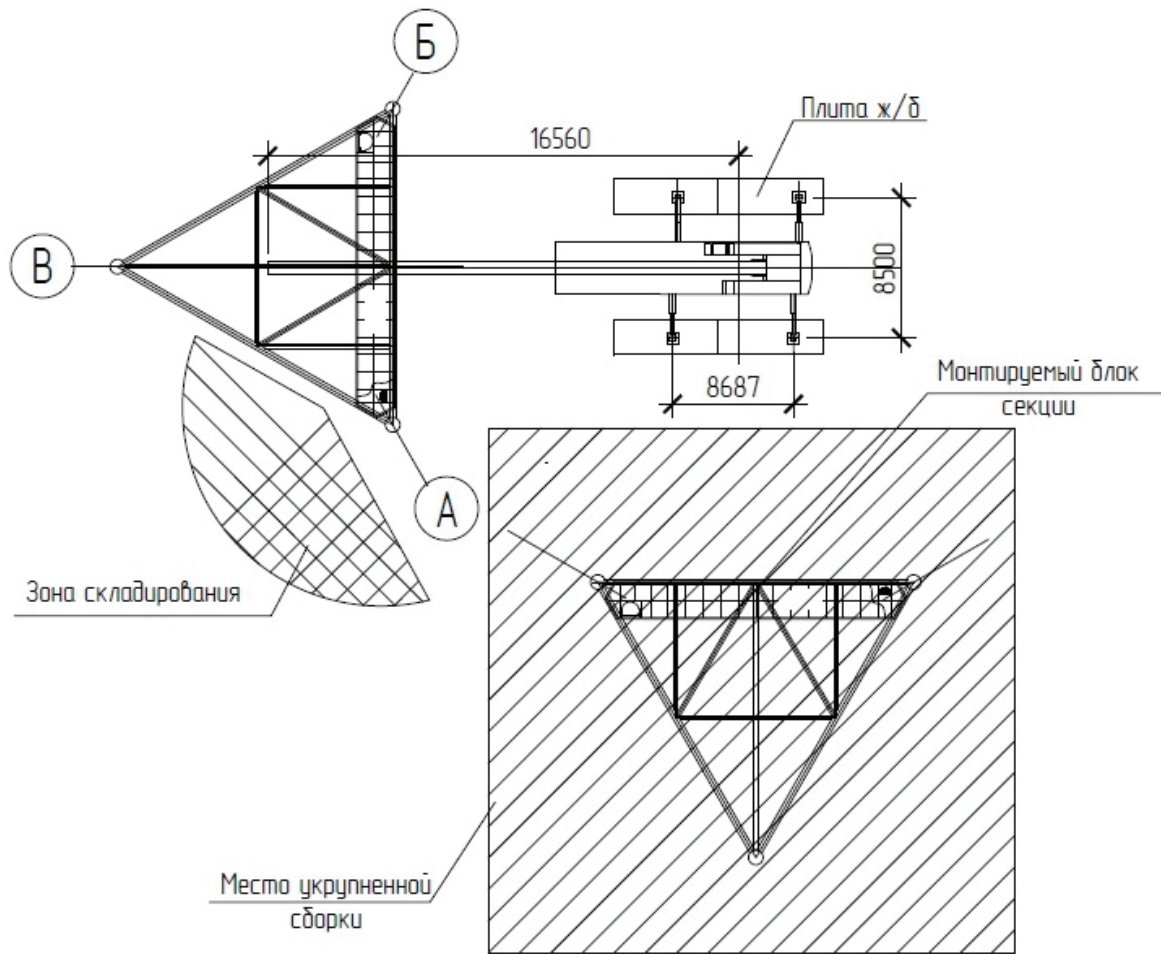


Рисунок 3 – Расположение в плане монтажного крана TEREX DEMAG AC350

Figure 3 – Location of the TEREX DEMAG AC350- installation crane

На рисунке 4 приведены грузовые и высотные характеристики крана TEREX DEMAG AC350.

На рисунке 5 приведена схема монтажа секций башни монтажным краном TEREX DEMAG AC350.

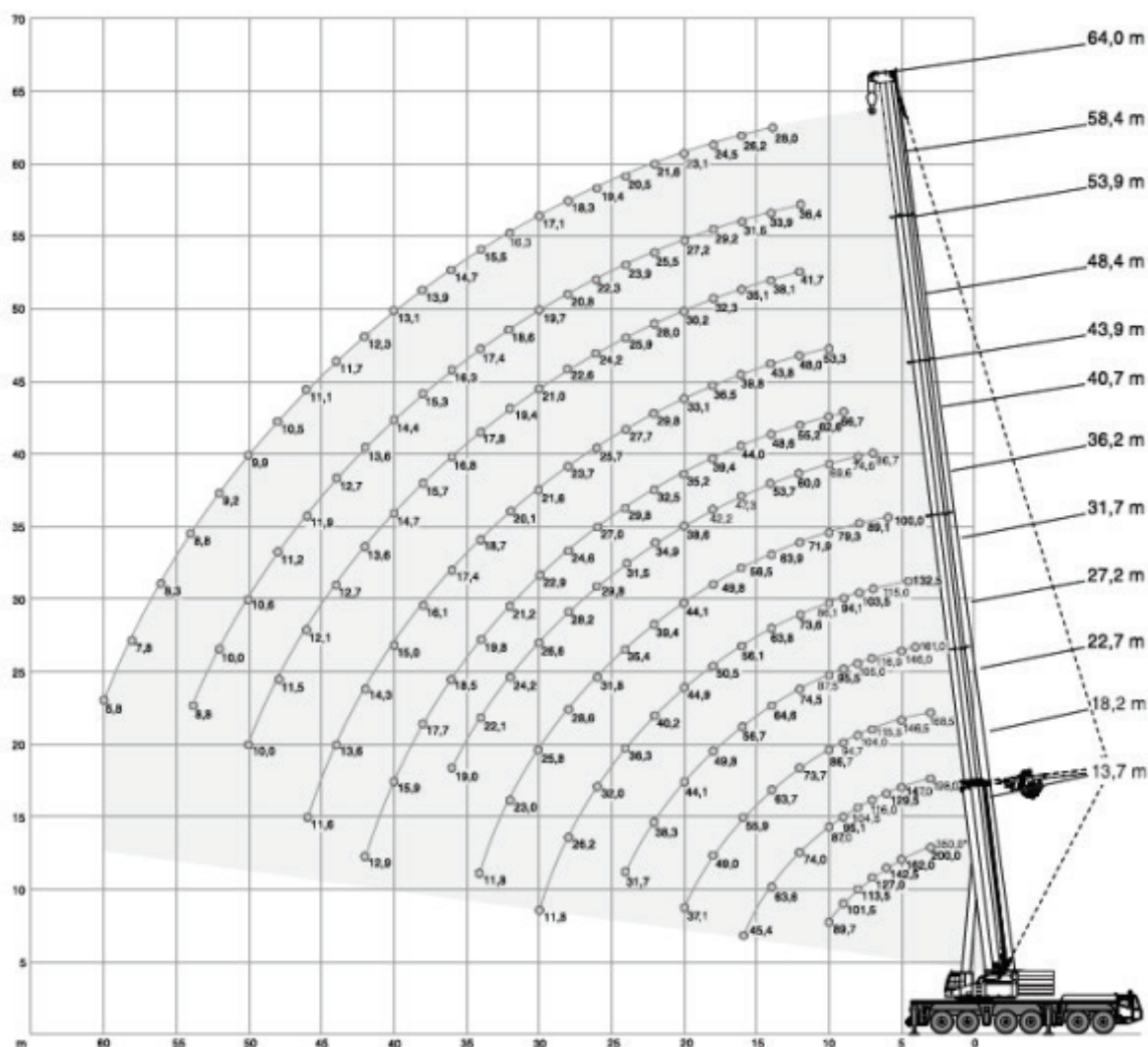


Рисунок 4 – Грузовые и высотные характеристики крана TEREX DEMAG AC350

Figure 4 – Cargo and altitude characteristics of the TEREX DEMAG AC350- installation crane

МОНТАЖ СЕКЦИЙ БАШНИ САМОПОДЪЁМНЫМ КРАНОМ УПК-4

Самоподъёмные краны относятся к кранам для высотного строительства. Краны са-

моподъёмного типа устанавливаются на конструкциях возводимого сооружения, а затем при помощи собственных механизмов периодически перемещаются вертикально вверх — по мере роста возводимого сооружения.

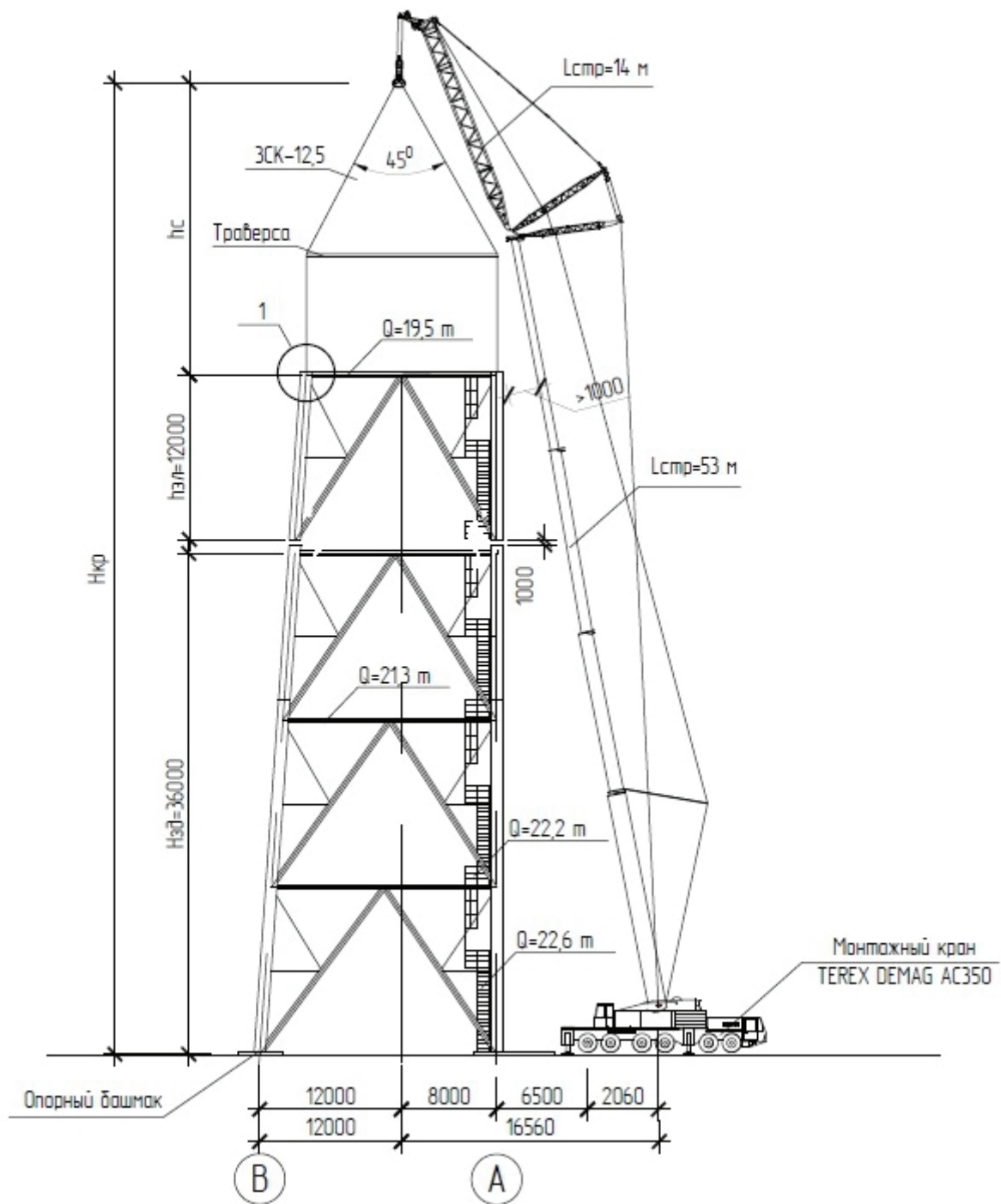


Рисунок 5 – Схема монтажа секций С-1, С-2, С-3, С-4 монтажным краном TEREX DEMAG AC350

Figure 5 – Scheme of the S-1, C-2, C-3, C-4 sections' construction by the TEREX DEMAG AC350- installation crane

Для данного метода монтажа был принят самоподъёмный кран по типовому проекту ОАО «НИПИ Промстальконструкция». Расположе-

ние в плане монтажного крана УПК-4 представлено на рисунке 6.

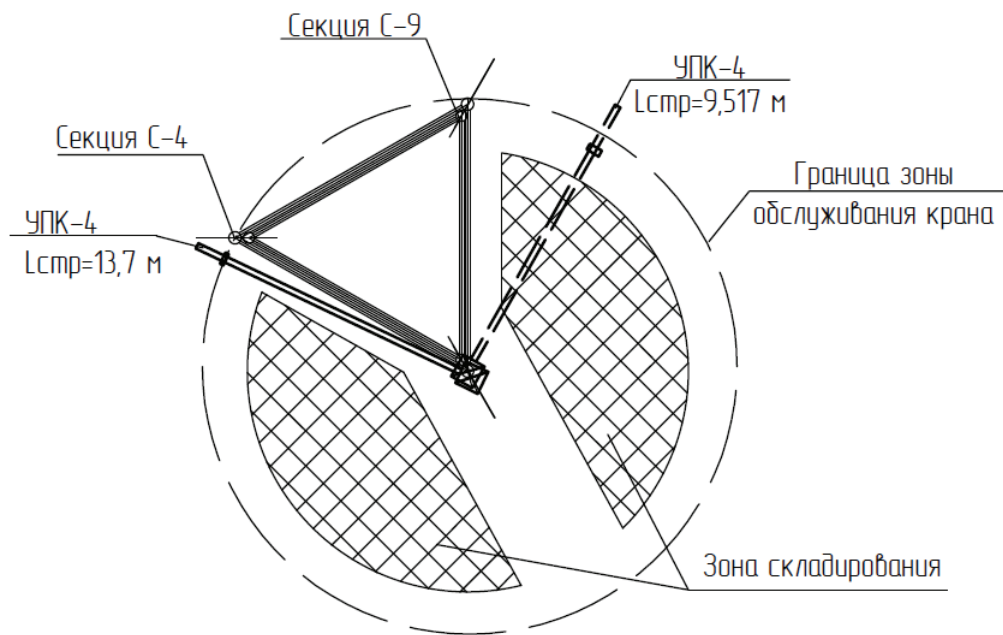


Рисунок 6 – Расположение в плане монтажного крана УПК-4

Figure 6 – Location of the installation crane on the UPK-4 plan

Схема опирания крана УПК-4 на опорную балку показана на рисунке 7.
На рисунке 8 приведена схема монтажа секций башни монтажным краном УПК-4.

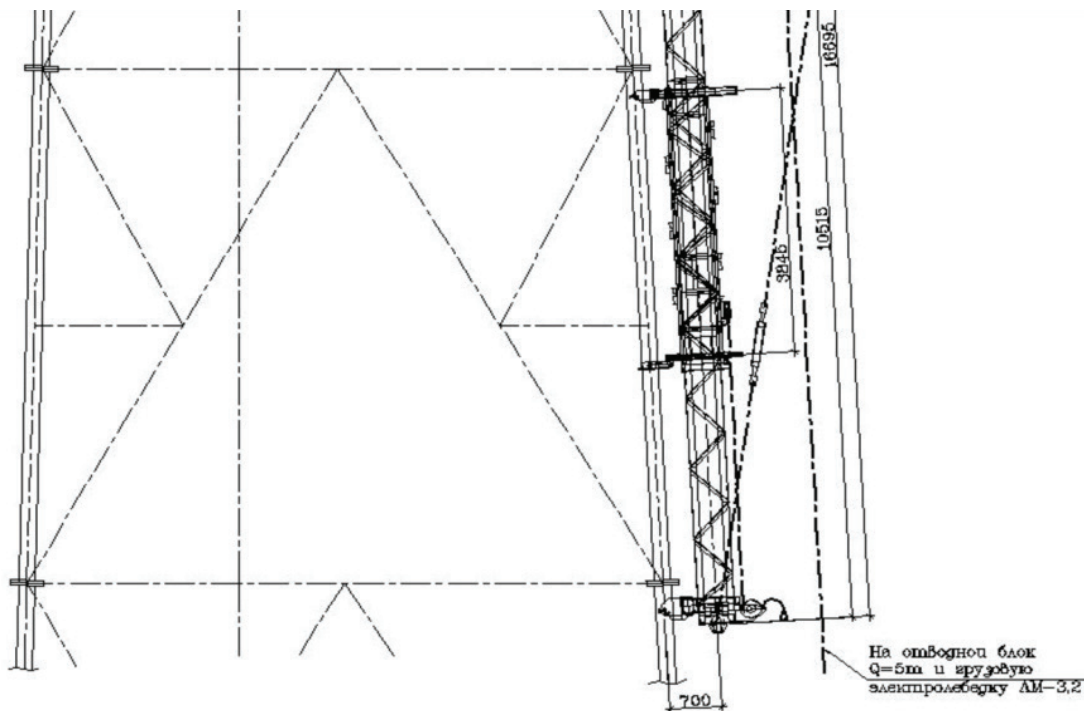


Рисунок 7 – Схема опирания крана УПК-4 на опорную балку

Figure 7 – Diagram of crane support on the beam

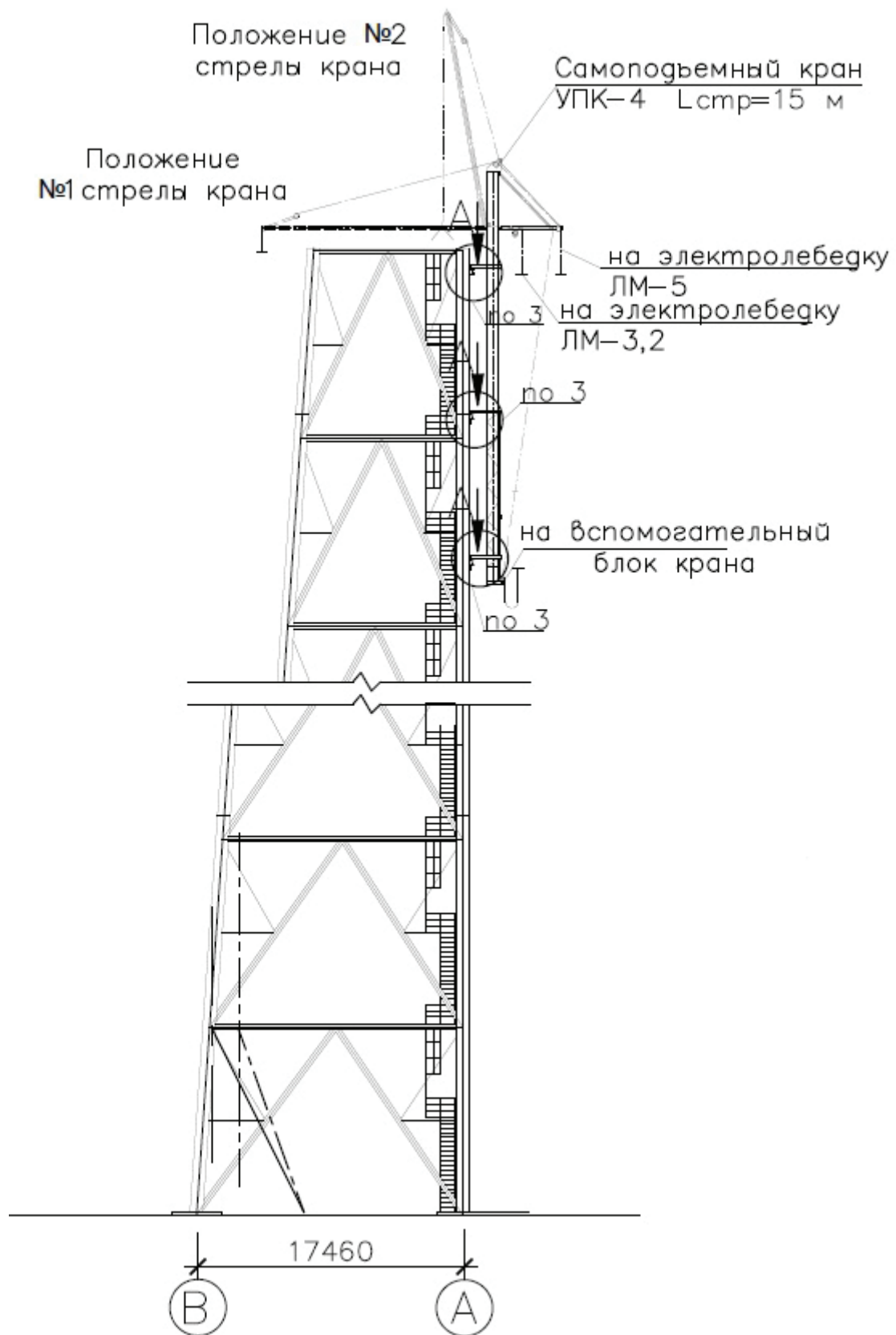


Рисунок 8 – Схема монтажа секций выше 48 м краном УПК-4

Figure 8 – Scheme of the sections' construction above 48 m by the UPK-4 crane

Главным аргументом при выборе данного крана были его технические характеристики: максимальная грузоподъемность – 4,0 т; максимальный вылет стрелы – 11,63 м; минимальный вылет стрелы – 1,5 м. Кроме того, у данного крана есть ещё одно преимущество – собственный вес составляет всего 3,681 т, что на порядок меньше массы аналогичных моделей (масса аналогичного крана СПК-5У грузоподъемностью 5 т составляет 11,7 т. По проекту самоподъемный кран опирается на опорные балки.

В ходе укрупнительной сборки необходимо установить в проектное положение все монтажные столики и опорную балку. Элементы башни укрупняются в монтажную панель.

Порядок монтажа следующий: автокраном устанавливается самоподъемный кран УПК-4 на первую стоянку и закрепляется на смонтированной части сооружения согласно проекту; автокраном подается из зоны укрупнительной сборки укрупненная монтажная панель по грани башни; затем стропят монтируемую панель к крану УПК-4, поднимают, устанавливают и закрепляют её в проектное положение. Далее монтажную панель следует расстропить. При подъёме монтажная панель удерживается от вращения и касания ранее смонтированных конструкций двумя оттяжками. Затем следует переместить с предыдущей стоянки опорную балку крана УПК-4 и далее вести монтаж поэлементно, собирая связи между смонтированными монтажными панелями. Кран УПК-4 перемещается на новую стоянку и аналогично предыдущим пунктам монтаж выполняется до проектной отметки.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для выбора рационального метода монтажа факельной башни по смешанной схеме было выполнено следующее:

1. Произведен обзор отечественных и зарубежных публикаций по данной теме, что подтверждает актуальность темы исследования.
2. Рассмотрены современные монтажные краны, способные выполнить монтаж факельной башни.
3. Выполнено обоснование рационального метода монтажа факельной башни.

На основании полученных технико-экономических расчетов можно сделать вывод, что предлагаемый нами метод монтажа факельной башни по смешанной схеме представляет собой комплексный подход в решении поставленной инженерной задачи и позволяет

получить обоснованное и эффективное ее решение.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

А.Н. Руденский в работе [17] отмечает, что формирование строительных систем вертикальных зданий (в особенности уникальных многофункциональных строительных объектов) требует системного подхода в разработке технологии, организации и управлении строительством, что повышает показатели эффективности и положительно отражается на продолжительности строительства. Авторы Т.В.Боброва и П.М.Панченко в работе [23] рассматривают нормирование работы кранов при монтаже конструкций с использованием BIM технологий и отмечают необходимость постоянного совершенствования организационно-технологического проектирования при разработке ППР до начала строительства объектов. Выполненные исследования и полученные результаты имеют большое практическое значение, так как публикации, отражающие аналогичные исследования и решения по технологии возведения факельных башен в составе факельных установок на нефтеперерабатывающих предприятиях, отсутствуют.

Выполненные исследования, расчеты и предлагаемые инженерные решения будут полезны как для заказчика, так и для подрядчика при заключении контрактов на строительство. Вопросы технологии возведения данного типа сооружений требуют дополнительных исследований. Возможно рассмотрение дополнительных критериев для принятия рационального технологического решения возведения факельной башни (показатели стоимости по вариантам проекта, трудоемкости, энергоёмкости и др.), которые повлияют на принятие окончательного решения и будут способствовать сокращению сроков строительства данного типа сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исаков А.И. Высотное строительство в России // Международный научный журнал «Синергия наук». 2015. № 6. С. 141–152.
2. Fudge J., Brown S. Prefabricated modular concrete construction. Building engineer, 2011, no. 86(6). pp. 20-21.
3. Generalova E., Generalov V. Designing High-Rise Housing: The Singapore Experience // CTBUH Gornal. Chicago, Illinois Institute of Technology. 2014. Issue IV. P. 40-45.
4. Макарова Т.В., Данкер М.П., Бобрешов А.В., Замолоцких П.С. Проблемы строитель-

ства высотных зданий в крупных городах России // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2012. №1. С.145–149.

5. Lawson R.M., Richards J. Modular design for high-rise buildings. *Proceedings of the ICE – Structures and Buildings*, 2010, no. 163(3), pp.151-164.

6. Афанасьев А.А., Король Е.А., Каган П.Б., Комиссаров С.В., Зуева А.В. Технологические особенности возведения высотных зданий // Вестник МГСУ. 2011. №6. С. 369–373.

7. Ali M., Al-Kodmany K. Tall Buildings and Urban Habitat of the 21 st Century^ A Global Perspective // *Buildings*. 2012. № 2. С.384-423.

8. Elbakheit A.R. Why Tall Buildings? The Potential of Sustainable Technologies in Tall Buildings // *International Journal of High-rise Buildings*. Vol.1. 2012. №2. pp.117-123.

9. Синенко С.А., Эммин Э., Грабовый П.Г., Вильман Ю.А., Грабовый К.П. Опыт применения новых технологий при возведении современных зданий и сооружений (на примере комплекса ММДЦ «Москва-Сити») // Вестник МГСУ. 2012. №4. С.165–169.

10. Building in the 21th Century. Author (s): Cook; Subject; Construction Published OCT 2007.

11. Liu J., Chow W.K. Determination of Fire Load and Heat Release for High-rise Residential Buildings // *Procedia Engineering*. 2014. Volume 84. pp. 491-497.

12. Самосудова Н.В. Обзор современных тенденций развития строительных технологий в Китае // Международный научно-технический журнал «Недвижимость: экономика, управление». 2012. С.69–74.

13. Самосудова Н.В., Черкасс А.Д. Инновационные решения в современном строительстве // Современные инновации. 2015. №2(2). С.30–32.

14. Кирнев А.Д. Строительные краны и грузоподъемные механизмы: справочник (для выполнения курсового и дипломного проектирования по технологии и организации в строительстве и для специалистов-строителей) / А.Д. Кирнев, Г.В. Несветаев. Ростов н/Д: Феникс, 2013. 667 с.

15. Субботин О.С. Инновационные материалы и технологии в олимпийских стадионах Сочи // Жилищное строительство. 2016. №8. С.19–25.

16. Леденев В.В., Чхум А. Конструктивные решения уникальных зданий и сооружений // Вопросы современной науки и практики. Уни-

верситет им В.И.Вернадского 2014. №2(51). С. 60–70.

17. Руденский А.Н. Организационно-технологические аспекты строительства вертикальных многофункциональных административных комплексов// Успехи современной науки. 2017.Том 4. №4. С. 190–193.

18. Дисиков Ю.Ю. Современные тенденции проектирования и строительства уникальных зданий и сооружений // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. 2017. № 2. С.66–68.

19.Олейник П.П., Бродский В.И. Организация строительства как вид работ, влияющих на безопасность объектов // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 7. С. 71–75.

20. Абдуллаев Г.И. Оценка уровня надежности с учетом организационно-технологических параметров строительства // Инженерно-строительный журнал. №8. 2009. С.62–64.

21. Синенко С.А., Славин А.М. К вопросу выбора оптимального организационно-технологического решения возведения зданий и сооружений // Научное обозрение. 2016. № 1. С. 98–103.

22. Чебанова С.А., Бурлаченко О.В., Поляков В.Г. Организационно-технологические решения строительства в стесненных городских условиях // Инженерный вестник Дона. 2018. №1. С.65–70.

23. Bobrova T.V., Panchenko P.M. Technical Normalization of Working Processes in Construction Based on Spatial-Temporal Modeling. *Magazine of Civil Engineering*. 2017. no. 08(76). pp.84-97.

REFERENCES

1.Isakov A.I. Vysotnoe stroitel'stvo v Rossii [High-rise construction in Russia]. *Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Sinergiya nauk»*, 2015, no 6, pp. 141–152 (in Russian).

2. Fudge J., Brown S. Prefabricated modular concrete construction. *Building engineer*, 2011, no. 86(6), pp.20–21.

3.Generalova E, Generalov V. Designing High-Rise Housing: The Singapore Experience. *CTBUH Gornal. Chicago, Illinois Institute of Technology*, 2014, Iss. IV, pp.40–45 (in Russian).

4. Makarova T.V., Danker M.P., Bobreshov A.V., Zamolockih P.S. Problemy stroitel'stva vysotnyh zdaniy v krupnyh gorodah Rossii [Problems of high-rise construction in the major cities of Russia]. *Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Construction. Series: High Technology. Ecology*, 2012, no 1, pp. 145–149 (in Russian).

5. Lawson R.M., Richards J. Modular design for high-rise buildings. *Proceedings of the ICE – Structures and Buildings*, 2010, no. 163(3), pp.151–164.

6. Afanas'ev A.A., Korol' E.A., Kagan P.B., Komissarov S.V., Zueva A.V. Tekhnologicheskie osobennosti vozvedeniya vysotnyh zdaniy [Technological peculiarities of high-rise buildings]. *Vestnik MGSU*, 2011, no 6, pp. 369–373 (in Russian).

7. Ali M., Al-Kodmany K. Tall buildings and urban habitat of the 21st Century. A Global Perspective. *Buildings*, 2012, no 2, pp.384–423 (in Russian).

8. Elbakheit A.R. Why Tall Buildings? The potential of sustainable technologies in tall buildings. *International Journal of High-rise Buildings.*, 2012, vol.1, no 2, pp.117–123 (in Russian).

9. Sinenko S.A., EHmin EH., Graboviy P.G., Vil'man YU.A., Graboviy K.P. Opyt primeneniya novykh tekhnologiy pri vozvedenii sovremennykh zdaniy i sooruzheniy (na primere kompleksa MMDC «Moskva-Siti») [Experience with the use of new technologies in the construction of modern buildings and constructions (in example of the “Moscow-city” complex)]. *Vestnik MGSU*, 2012, no 4, pp.165–169 (in Russian).

10. Building in the 21st Century. Author (s): Cook; Subject; Construction Published OCT 2007.

11. Liu J., Chow W.K. Determination of fire load and heat release for high-rise residential buildings. *Procedia Engineering*, 2014, vol. 84, pp. 491–497.

12. Samosudova N.V. Obzor sovremennykh tendentsiy razvitiya stroitel'nykh tekhnologiy v Kitae [Review of current trends in the development of construction technologies in China]. *international scientific and technical journal “Real Estate: Economics, Management”*, 2012, no 2, pp.69–74 (in Russian).

13. Samosudova N.V., Cherkass A.D. Innovacionnye resheniya v sovremennom stroitel'stve [Innovative solutions in modern construction]. *Sovremennye innovacii*, 2015, no 2(2), pp.30–32 (in Russian).

14. Kirnev A.D. Nesvetaev G.V. *Stroitel'nye krany i gruzopod'emnye mekhanizmy: spravochnik (dlya vypolneniya kursovogo i diplomnogo proektirovaniya po tekhnologii i organizacii v stroitel'stve i dlya specialistov-stroitelej)* [Construction cranes and lifting devices: a handbook (course and diploma design technology and organization in construction for engineers)]. Rostov n/D, Feniks, 2013. 667 p.

15. Subbotin O. S. Innovative materials and technologies in Sochi Olympic stadiums [Innovative materials and technologies in Sochi Olympic stadiums// Housing construction]. *Housing construction*, 2016, no 8, pp. 19–25 (in Russian).

16. Ledenev V.V., Chkhum A. Konstruktivnye resheniya unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy [Design solutions of unique buildings and structures]. *Questions of modern science and practice. University named after V. I. Vernadsky*, 2014, no 2(51), pp.60–70 (in Russian).

17. Rudenskij A.N. Organizacionno-tekhnologicheskie aspekty stroitel'stva vertikal'nykh mnogofunkcional'nykh administrativnykh kompleksov [Organizational and technological aspects of the construction of vertical multifunctional administrative complexes]. *Advances in modern science*, 2017, vol. 4, no.4, pp.190–193 (in Russian).

18. Disikov YU. Sovremennye tendentsii proektirovaniya i stroitel'stva unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy [Current trends in the design and construction of unique buildings and structures]. *New science: Theoretical and practical view*, 2017, no. 2. pp.66–68 (in Russian).

19. Olejnik P.P., Brodskij V.I. Organizaciya stroitel'stva kak vid rabot, vliyayushchih na bezopasnost' ob"ektov [Organization of construction as a type of work affecting the objects safety]. *Industrial and civil construction*, 2015, no 7, pp. 71–75. (in Russian).

20. Abdullaev G. I. Assessment of the level of reliability taking into account the organizational and technological parameters of construction. [Assessment of the level of reliability taking into account the organizational and technological parameters of construction]. *Magazine of civil Engineering*, 2009, no 8, pp. 62–64 (in Russian).

21. Sinenko S.A., A.M. Slavin A.M On the issue of choosing the optimal organizational and technological solution for the construction of buildings and structures [On the issue of choosing the optimal organizational and technological solution for the construction of buildings and structures]. *Scientific review*, 2016, no 1, pp. 98–103 (in Russian).

22. Chebanova S.A., Burlachenko O.V., Polyakov V.G. Organizational and technological solutions for construction in cramped urban conditions [Organizational and technological solutions for construction in cramped urban conditions]. *Engineering Bulletin of the Don*, 2018, no 1, pp.65–70.

23. Bobrova T.V., Panchenko P.M. Technical normalization of working processes in construction

based on spatial-temporal modeling. *Civil Engineering Journal*, 2017, no 08(76), pp.84–97.

Поступила 28.08.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Андрюшенков Александр Федорович (г. Омск, Россия) – канд. экон. наук, доц. кафедры «Организация и технология строительства» ФГБОУ ВО «СиБАДИ», ORCID 0000-0002-8400-8370 (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: andryushenkov_af@mail.ru).

Воловник Наталья Сергеевна (г. Омск, Россия) – канд. техн. наук, доц. кафедры «Организация и технология строительства» ФГБОУ ВО «СиБАДИ», ORCID 0000-0002-4057-6528 (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: volovnik.natalya@mail.ru).

Андрюшенков Александр Александрович – (г. Омск, Россия), магистрант института магистратуры и аспирантуры Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СиБАДИ), SM17-MA5, ORCID 0000-0003-1831-6129 (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: andryushenkov_aa@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Andryushenkov Aleksander Fedorovich – PhD (Economics), Associate Professor of the Organization and Construction Technology Department, Siberian State Automobile and Highway University, ORCID ID 0000-0002-8400-8370 (644080, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: andryushenkov_af@mail.ru).

Volovnik Natalya Sergeevna – PhD (Engineering), Associate Professor of the Organization and Construction Technology Department, Siberian State Automobile and Highway University, ORCID ID 0000-0002-4057-6528 (644080, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: volovnik.natalya@mail.ru).

Andryushenkov Alexander Alexandrovich – Master of Science, Siberian State Automobile and Highway University, SM17-MA5, ORCID ID 0000-0003-1831-6129 (644080, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: andryushenkov_aa@mail.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Андрюшенков А.Ф. Формулирование цели исследования, проектная документация на факельную башню, обзор публикаций по теме исследований.

Воловник Н.С. Разработка вариантов технологии возведения факельной башни и их технико-экономическое обоснование. Редактирование и оформление статьи.

Андрюшенков А.А. Разработка и оформление рисунков к статье, расчет такелажных приспособлений для монтажа и укрупнительной сборки секций факельной башни (С-1, С-2, С-3, С-4) в ПК «ЛИРА».

CO-AUTHORS CONTRIBUTION

Andryushenkov A.F. Formulation of research objectives, the project documentation of the flare tower, an overview of the publications on the research topic.

Volovnik N. S. Development of options for the flare tower construction technology, article editing and design.

Andryushenkov A.A. Development and design of the pictures to the paper, the calculation of lifting equipment for the installation and pre-assembly of the (C-1, C-2, C-3, C-4) flare tower sections in “LIRA” enterprise.

УДК 693.557

DOI:

УЧЁТ СОБСТВЕННОГО ТЕРМОНАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТВЕРДЕЮЩЕГО БЕТОНА ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТРЕБУЕМЫХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИЙ КРЫМСКОГО МОСТА

И.С. Пуляев, С.М. Пуляев

НИУ МГСУ,
г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В представленной статье рассматриваются вопросы, связанные с определением и учётом собственного термонапряженного состояния, образующегося в бетоне при твердении и используемого для обеспечения требуемых потребительских свойств бетона при строительстве Крымского моста. Данный вопрос представляется актуальным ввиду сжатых сроков строительства указанного объекта в условиях пересеченной местности и жаркого климата, а также с учетом развития в нашей стране строительства уникальных внеклассовых объектов.

Материалы и методы. Работа проводилась в условиях реального времени с применением на практике современных измерительных систем, позволяющих контролировать процесс изменения температуры и прочности твердеющего бетона во времени. В процессе обработки полученных данных применялся современный расчетно-аналитический комплекс, многократно апробированный в реальных условиях при проведении теплофизических расчетов твердеющего бетона объектов различной классовости и массивности.

Результаты. Представлены результаты учета собственного термонапряженного состояния твердеющего бетона при определении допустимого градиента температур в нем, позволившие ускорить процесс возведения объекта с соблюдением необходимых потребительских свойств.

Обсуждение и заключение. На основании проведенных теплофизических расчетов твердеющего бетона и внедрения полученных результатов на практике с учетом опыта взведения аналогичных объектов в Российской Федерации сделаны основные выводы и даны предложения по учету собственного термонапряженного состояния в бетоне при его твердении при возведении Крымского моста, на основании которых, в том числе, были составлены технологические регламенты на производство работ в условиях круглогодичного строительства. Статья будет интересна и полезна инженерно-техническим работникам, занятым в условиях реального производства, и специалистам, занимающимся вопросами теплофизических процессов, происходящих в твердеющем бетоне, и проблемами обеспечения высоких потребительских свойств бетона в конструкциях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бетон, цемент, экзотермия, тепловыделение, мост, расчет, термонапряженное состояние, температура, прочность.

© И.С. Пуляев, С.М. Пуляев



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ACCOUNTING OF THE OWN THERMO-STRESSED STATE OF THE SOLID CONCRETE WHILE PROVIDING THE REQUIRED CONSUMER PROPERTIES OF THE CRIMEAN BRIDGE CONSTRUCTIONS

I.S. Pulyaev, S.M. Pulyaev

National Research State University of Civil Engineering
Moscow, Russia,

ABSTRACT

Introduction. The paper deals with the issues related to the determination and registration of the own thermo-stressed state formed in concrete while hardening and used to provide the required consumer properties in the Crimean bridge construction. Therefore, the problem is relevant because of the deadlines for the construction of such facility in the conditions of rough terrain and dry hot climate, and also taking into account the development of the unique non-class facilities in Russia.

Materials and methods. The research is carried out in real-time conditions with the usage of modern measuring systems in practice, allowing to control the process of temperature and strength of hardening concrete in time. The modern computational and analytical complex, which is repeatedly tested under real conditions and by thermophysical calculations of hardening concrete of various class objects and massiveness, is used.

Results. The results of the intrinsic thermo-stressed state of hardening concrete are presented in determining the permissible temperature gradient, which make it possible to accelerate the process of erecting the object with observance of the necessary consumer properties.

Discussion and conclusion. The main conclusions and suggestions are made taking into account the intrinsic thermally stressed state of the concrete when it was hardened during the construction of the Crimean bridge. The paper would be interesting and useful for engineers and technical workers engaged in real production conditions, and for specialists dealing with the issues of the thermophysical processes occurring in concrete hardening and with the problems of ensuring the high consumer concrete properties in structures.

KEYWORDS: concrete, cement, exothermic, heat release, bridge, calculation, thermo-stressed state, temperature, strength.

© I.S. Pulyaev, S.M. Pulyaev



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Крымский мост – один из самых масштабных проектов, реализуемых в настоящее время в нашей стране. Его строительство началось в 2015 г., а в мае 2018 г. был дан старт движению по автодорожной части моста протяженностью около девятнадцати километров. При этом пуск движения по данной части объекта был осуществлен ранее намеченного срока более чем на полгода, а в настоящее время продолжается интенсивное строительство железнодорожной части моста, срок сдачи которого назначен на конец 2019 г. Известно, что расположение объекта в солёной морской воде, жаркий климат, повышенная сейсмическая опасность, наличие ледовых нагрузок в зимний период времени, массивность сооружения, большая глубина пролива и другие технологические, техногенные и эксплуатационные факторы потребовали серьёзного подхода к обеспечению качества бетонных работ и увеличению долговечности сооружения. Особо важным условием видится выполнение указанных требований по обеспечению высоких потребительских свойств (прочности, морозостойкости, водонепроницаемости) в условиях ускоренных темпов строительства объекта, что оправдано большим социально-экономическим значением моста. С этой целью в процессе разработки технической документации, в том числе проекта производства работ, потребовалось предусмотреть мероприятия, направленные на снижение трещиностойкости конструкции при заданном темпе ведения бетонных работ. На практике широко известно, что одним из важнейших свойств цемента, влияющих на качество выполнения бетонных работ, сроки строительства объекта и долговечность конструкции, является его тепловыделение, которое необходимо учитывать при проведении всего комплекса работ [1,2,3,4]. В настоящее время в действующих нормативной и проектной документациях на строительство как объектов транспортной инфраструктуры, так и других объектов промышленного назначения не находят достаточного отражения вопросы грамотного учёта температурного фактора в процессе формирования требуемых свойств бетона и, соответственно, качественных характеристик возводимых конструкций и в первую очередь их долговечность и надёжность [5,6,7,8]. По опыту строительства многих искусственных сооружений известно [9], что вследствие недоучёта температурного фактора при проектировании объектов и разработке

проектной документации в бетоне могут появляться многочисленные дефекты и трещины, на устранение которых расходуются значительные средства и требуется много времени. Тот же опыт показывает, что при этом следует учитывать температурные микронапряжения в материале (бетоне) и макронапряжения в самой конструкции, как основу мероприятий по предупреждению появления трещин в бетоне вследствие изменения температур в нем. Данные принципы были положены в основу решений по обеспечению высоких потребительских свойств бетона рассматриваемого объекта, основные из которых представлены на рассмотрение в данной статье.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

К железобетонным транспортным сооружениям традиционно предъявляются повышенные требования по обеспечению его основных технологических свойств бетона: прочности, морозостойкости, водонепроницаемости, долговечности, коррозионной стойкости и трещиностойкости. С целью гарантированного соблюдения указанных требований необходимо неукоснительно контролировать качественные характеристики и свойства бетонной смеси, процесс ее укладки в опалубку и обеспечение требуемого ухода за твердеющим бетоном в процессе набора им прочности, который является одним из основных технологических переделов всего цикла бетонирования. И если контроль первых двух критериев в настоящее время отлажен достаточно хорошо [10,11], то, как показывает практика, в условиях строительства объекта требуемый уход за бетоном в процессе его твердения в летний период времени чаще всего заключается только лишь в поддержании допустимого нормативными документами температурного режима и контроле требуемого градиента температур в процессе набора бетоном прочности, а также в процессе снятия опалубочной системы. В зимнее время кроме указанных выше процессов дополнительно обеспечивается поддержание положительной температуры окружающей среды твердеющего бетона и контроль требуемого градиента температур в нем величиной не более 20°C.

Однако практический опыт показывает ошибочность данной постановки вопроса [12] ввиду того, что в процессе ухода за твердеющим бетоном недостаточно принимать во внимание только те факторы, которые вызваны изменением его термонапряженного состояния, зависят от перепада наружных температур и

особенностей процессов раннего структурообразования и которые связаны с варьированием температуры непосредственно в теле твердеющего бетона, а следует в первую очередь принимать во внимание различные виды температурных напряжений, формирующихся в процессе твердения бетона: микронапряжения, макронапряжения, а также собственное термонапряженное состояние. Рассмотрим данные виды напряжений подробнее.

Под температурными микронапряжениями понимаются напряжения, возникающие в твердеющем бетоне вследствие:

- разности коэффициентов линейного температурного расширения и модулей упругости крупного заполнителя и твердеющего цементного раствора. Данные напряжения называются микронапряжениями 1-го рода;
- разности коэффициентов линейного температурного расширения и модулей упругости мелкого заполнителя и цементного камня. Данные напряжения называются микронапряжениями 2-го рода;
- разности коэффициентов линейного температурного расширения и модулей упругости отдельных кристаллов цементного камня. Данные напряжения называются микронапряжениями 3-го рода.

Указанные напряжения существенно влияют на величину допустимой растяжимости бетона, зависящей от значения температуры, при которой образуется пространственная кристаллизационная структура $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ в твердеющем цементном камне в момент набора бетоном прочности 25...30% от прочности в возрасте 28 сут (R_{28}).

Практика показывает, что чем выше температура, при которой затвердевает бетонная смесь, тем больше величина микронапряжений в ней при изменении градиента температур наружного воздуха, вследствие чего очевидно, что твердение бетона при низких положительных температурах оказывает наиболее благоприятное влияние на обеспечение его высоких потребительских свойств [13]. Оценка влияния изменения температурного режима на процесс растяжимости бетона должна учитывать то значение температуры, которое образуется в бетонной конструкции в момент набора им прочности 25...30% от прочности в возрасте 28 сут (данный фактор был учтён, в частности, при расчетах бетонных конструкций Керченского моста, однако он до сих пор не нашел должного отражения в существующей технической и нормативной документации).

Под температурными макронапряжениями понимаются напряжения, возникающие в твердеющем бетоне конструкции при непосредственном изменении градиента температур в ней во времени.

Стоит отметить, что в бетонных конструкциях наряду с описанными выше температурными напряжениями очень часто может присутствовать также еще один тип температурных напряжений – остаточные (собственные) напряжения. Эти напряжения представляют собой макронапряжения, имеющиеся в бетонной смеси конструкции в процессе ее твердения в момент равномерного распределения температур по всему объему или наибольшему сечению конструкции, имеющему значительные размеры в определенном направлении (например, колонна тоннеля, пилон моста и проч.). Практика показывает [14], что указанные напряжения могут повышать или понижать трещиностойкость всей возводимой конструкции, из чего следует, что напряжения, повышающие трещиностойкость конструкции, называют благоприятными, а понижающие её – неблагоприятными.

Характер собственного термонапряженного состояния и, как следствие, величина таких напряжений в бетоне определяется по температурной кривой или по температурному полю (далее – температурная кривая) нулевых напряжений, под которыми понимают распределение температур в конструкции, при котором в ней практически отсутствуют такие напряжения. Ввиду чего следует уметь правильно определять время формирования этой кривой и грамотно использовать термонапряженное состояние в целях обеспечения необходимых потребительских свойств конструкции.

На основании исследований физико-химических процессов, протекающих при формировании цементного камня, проведенных в НИИ транспортного строительства (ныне – АО ЦНИИС) и подтвержденных уникальными экспериментами, выполненными одним из основателей теории собственного термонапряженного состояния твердеющего бетона – профессором А.Р. Соловьянчиком [15] в Мюнхенском техническом университете (Technische Universität München) – за счет применения реальных бетонных смесей, установлено, что за время формирования температурной кривой нулевых напряжений следует принимать время образования в твердеющем цементном камне пространственной кристаллизационной структуры из $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ в слое с наибольшим отставанием процесса ги-

дратации цемента, которое соответствует времени перехода бетона в упругое состояние.

Для понимания смысла озвученного ниже рассмотрены условия формирования температурной кривой нулевых напряжений в бетоне на примере монолитной конструкции железобетонного перекрытия.

Для начала рассмотрим случай, когда тонкое перекрытие в условиях жаркого климата и высоких температур воздуха разогревается с каждой из сторон в отдельности. В этом случае бетонная смесь переходит в упругий материал (бетон) сначала в наружных слоях, которые разогреваются сильнее, чем внутренние. Как следствие, при постепенном наборе температуры выдерживания бетона наружные поверхности перекрытия могут свободно «перемещаться» друг относительно друга до тех пор, пока между ними остается слой из не схватившейся бетонной смеси, которая в свою очередь не теряет полностью пластических свойств до того момента, пока в цементном камне не образуется пространственная кристаллизационная структура из $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. При взаимном присоединении двух противоположных слоев перекрытия начинает испытывать воздействие от постепенного нарастания температуры как единое целое и ее распределение в момент соединения слоев принимается за температурную кривую нулевых напряжений, а указанное время – за время формирования собственного термонапряженного состояния. В этом случае создается вогнутое температурное поле нулевых напряжений, что свидетельствует об образовании неблагоприятного собственного термонапряженного состояния, т.к. при выравнивании температур по объему перекрытия поверхностные более разогретые слои будут иметь большие температурные напряжения, чем внутренние, которые будут препятствовать свободному перемещению наружных слоев, из-за чего при постепенном планомерном выравнивании температур по массиву перекрытия поверхностные слои окажутся «растянутыми» и менее трещиностойкими, чем внутренние.

Далее рассмотрим случай внутреннего разогрева бетона (например при выдерживании перекрытия методом «термоса»). В этом случае бетонная смесь перекрытия за счет экзотермических процессов, происходящих во внутренних слоях, будет иметь больший разогрев и быстрее набирать требуемую прочность, и в

дальнейшем, при уравнивании температур по всему объему конструкции, поверхностные слои окажутся менее разогретыми, чем растянутые внутренние, которые будут «сдерживать» температурное растяжение наружных слоев и делать их более трещиностойкими. В этом случае при внутреннем разогреве перекрытия создается выпуклое температурное поле нулевых напряжений, что свидетельствует об образовании благоприятного собственного термонапряженного состояния.

Основываясь на сказанном, необходимо отметить, что учет и грамотное использование описанных выше процессов, происходящих в бетонной смеси при ее твердении, позволяет в реальных условиях при возведении массивных объектов существенно увеличить величину допустимого градиента температур в бетоне при его разогреве и остывании (до 40 ... 50°C против обычно принимаемых 20°C), что в целом позволяет обеспечить высокие потребительские свойства конструкции, в том числе с учетом обеспечения требуемого срока ее возведения. Вместе с тем стоит также отметить, что зачастую незнание или неграмотное использование данных процессов может содействовать появлению в бетоне внутренних температурных трещин даже при условии формирования благоприятного собственного термонапряженного состояния. Подобные случаи могут возникнуть при расчете конструкций, имеющих «защемление» в бетонное основание (например, бетонная стенка «защемлена» в лоток тоннеля или «защемлена» с двух противоположных сторон – в лоток и перекрытие тоннеля). При формировании неблагоприятного собственного термонапряженного состояния в бетоне увеличивается вероятность появления температурных трещин, уменьшается допустимая расчетная величина перепада температур в массиве бетонной конструкции вплоть до 5...10°C.

Кроме того, ранее было установлено [16], что при значении температурного перепада по сечению конструкции более 20°C её трещиностойкость может обеспечиваться путём первоначального выдерживания твердеющего бетона в опалубочной системе с номинальным термическим сопротивлением до момента формирования в нем температурного поля нулевых напряжений, с дальнейшим увеличением величины данного сопротивления до значений, обеспечивающих предупреждение

появления температурных трещин. При этом образовавшийся градиент температур в момент набора твердеющим бетоном прочности 25...30% от прочности в возрасте 28 сут благоприятно влияет на потребительские свойства конструкции.

Практика показывает [17,18,19, 20], что для точного определения условий формирования собственного термонапряженного состояния в твердеющем бетоне конструкции в обязательном порядке требуется проводить физическое моделирование теплофизических процессов твердеющего бетона конструктивных элементов данной конструкции с помощью расчетно-аналитических программных комплексов и определять допустимый перепад температур по ее сечению с учетом требований, описанных выше. В настоящей работе с этой целью авторами использован широко апробированный и проверенный на практике программно-аналитический комплекс ZA010, в котором в основу процессов теплопереноса исследуемой области заложена система уравнений балансов тепловой энергии. Вариативность программного алгоритма достигнута за счет применения метода, являющегося дальнейшим развитием теории гидравлических аналогий, разработанной ранее в НИИ транспортного строительства проф. В.С. Лукьяновым [21,22,23]. Согласно этому методу исследуемая область расчленяется на конечное число микроэлементов и в дальнейшем рассматривается их тепловое взаимодействие между собой и окружающей средой. При проведении расчетов для симметричных конструкций допускается построение расчетной схемы только для одной части симметрии, при этом теплофизический расчет программно-аналитическим комплексом проводится для всего массива конструкции за счет задания специальной функции в комплексе. Влияние температуры на процессы, происходящие при гидратации цемента, учтено посредством гипотезы приведенного времени. Проведение расчетов предусматривает использование реальных составов бетонной смеси для соответствующих элементов конструкций, а также данных по температурам укладываемой бетонной смеси и наружного воздуха.

Стоит отметить, что достоверность результатов расчетов при использовании программно-аналитического расчетного комплекса ZA010 обеспечивается посредством правиль-

ного назначения модуля упругости бетона при условии, что упругие напряжения в нем прямо пропорциональны модулю упругости и учета изменения пластических свойств бетона при гидратации цемента и проявления ползучести под воздействием прилагаемой нагрузки. А исходя из того что трещины в бетоне образуются в ранний период его твердения и на их появление оказывает влияние величина и характер изменения предельно допустимых относительных деформаций бетона в раннем возрасте, а также влияние ползучести на релаксацию температурных напряжений – модуль упругости должен определяться в этом же возрасте.

Все перечисленные параметры были в полном объеме учтены при строительстве железобетонных конструктивных элементов Крымского моста, а полученные при этом результаты представлены ниже.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

При проведении теплофизических расчетов твердеющего бетона рассматривались следующие конструктивные элементы опор Крымского моста: ростверки, тела, стойки, ригели, а также монолитное железобетонное пролетное строение с материальным составом бетонной смеси, обеспечивающим приобретение бетоном установленных проектом показателей качества, по прочности соответствующих классу В35, по водонепроницаемости – марке не ниже W12, по морозостойкости – марке не ниже F₂300 («в солях»). Подвижность бетонной смеси должна характеризоваться осадкой конуса 16–20 см (марка по подвижности – П4).

С учетом конструктивных особенностей указанных элементов теплофизические расчеты твердеющего бетона проводились для всех конструктивов в поперечном сечении, а для особо массивных или вытянутых в определенном направлении (стойки, тела) – дополнительно в продольном сечении. При проведении расчетов было принято, что расход цемента М500 ОАО «Новоросцемент» составляет 480 кг/м³ – для бетона класса В35 на гранитном щебне.

Рассмотрим массивный ростверк опор Крымского моста размером 19500×10200×4000 мм, схема которого показана на рисунке 1, графики разогрева и остывания бетона, а также набора им прочности – на рисунке 2.

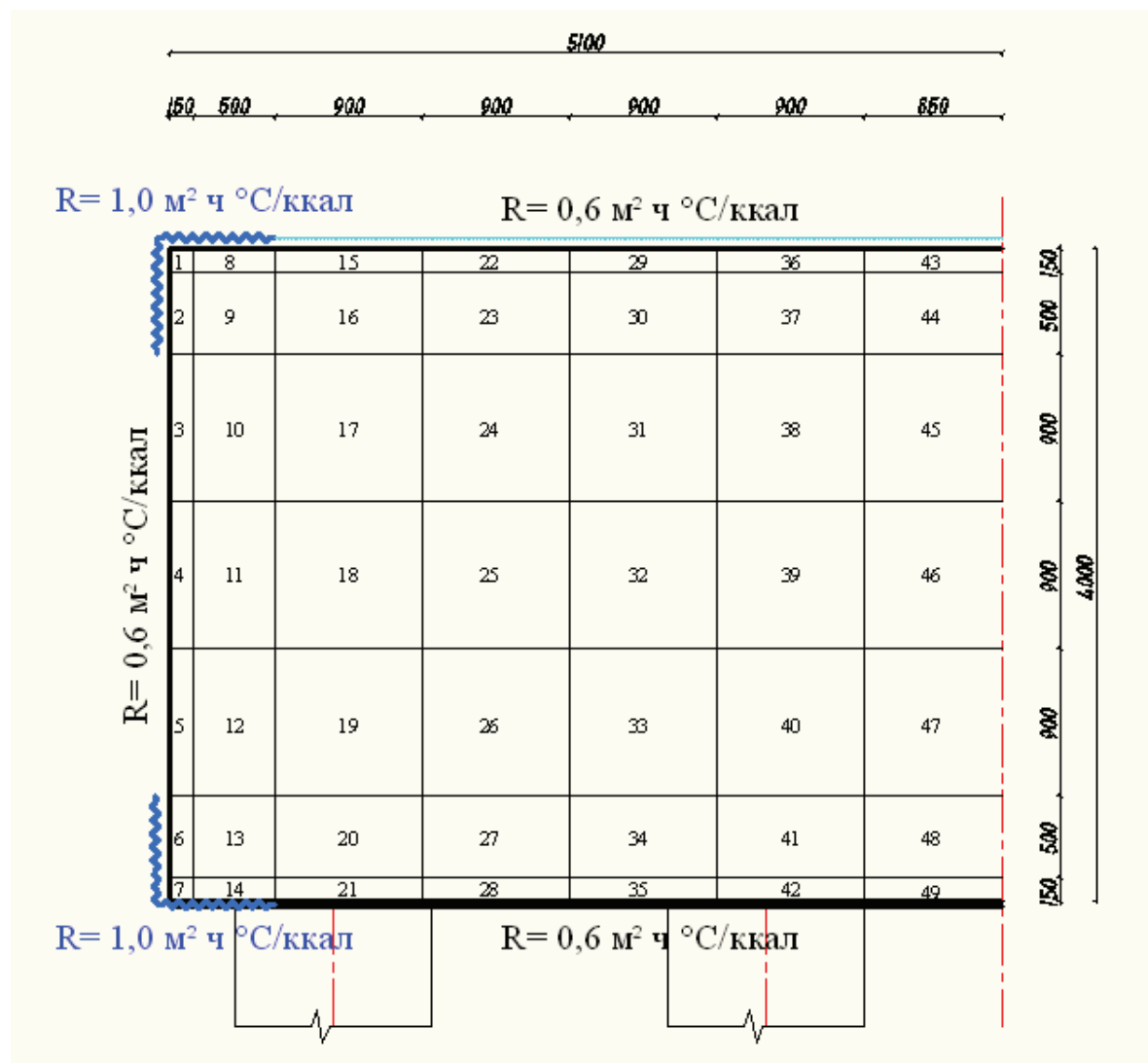


Рисунок 1 – Расчётная схема ростверка опоры размером 19500×10200×4000 мм

Figure 1 – Design grillage scheme of the 19500×10200×4000 mm support

На представленных расчётной схеме и графиках видно, что при выдерживании бетона в опалубке без дополнительного утепления по сечению конструкции образуется большой градиент температур и даже с учётом формирования благоприятного собственного термонапряжённого состояния невозможно обеспечить требуемую трещиностойкость, ввиду чего при расчётах необходимо варьировать величину тепловой изоляции, изменяя ее численное значение и, как следствие, обеспечивая температурные перепады, гарантирующие преду-

преждение появления трещин. Однако при этом стоит помнить, что чрезмерное увеличение величины тепловой изоляции может при негативных условиях привести к образованию неблагоприятного собственного термонапряжённого состояния. В частности, для данного ростверка очевидно, что при дополнительном утеплении маломассивных ребер и граней конструкции с учетом сформировавшегося вогнутого температурного поля нулевых напряжений в твердеющем бетоне допустимый перепад при максимальном разогреве бетона

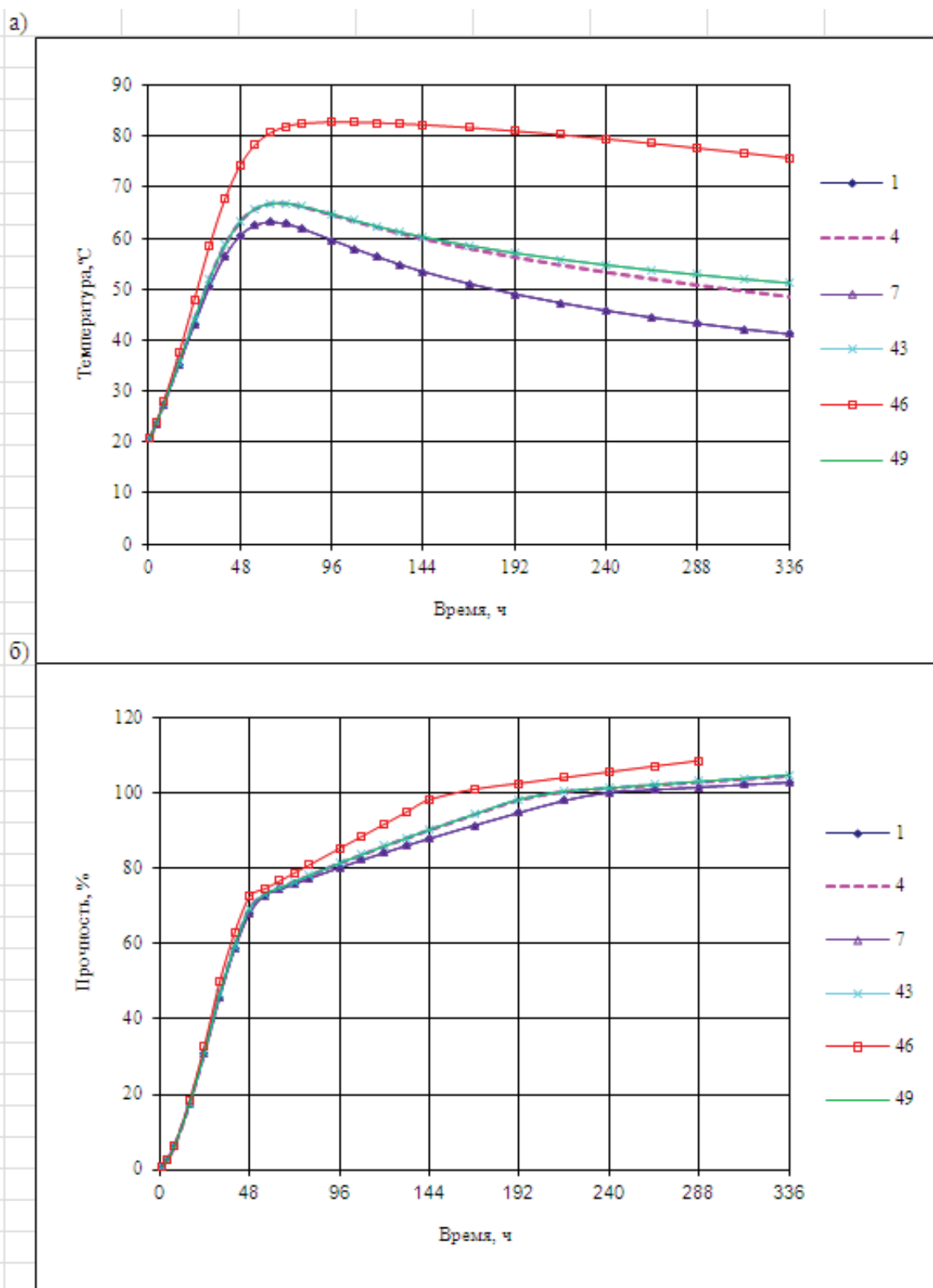


Рисунок 2 – Графики изменения температуры и прочности твердеющего бетона ростерка опоры при температуре бетонной смеси 20°C, температуре наружного воздуха 20°C

Figure 2 – Schemes of the temperature and strength of hardening concrete in grillage by 20°C concrete mixture temperature and by 20°C outdoor temperature

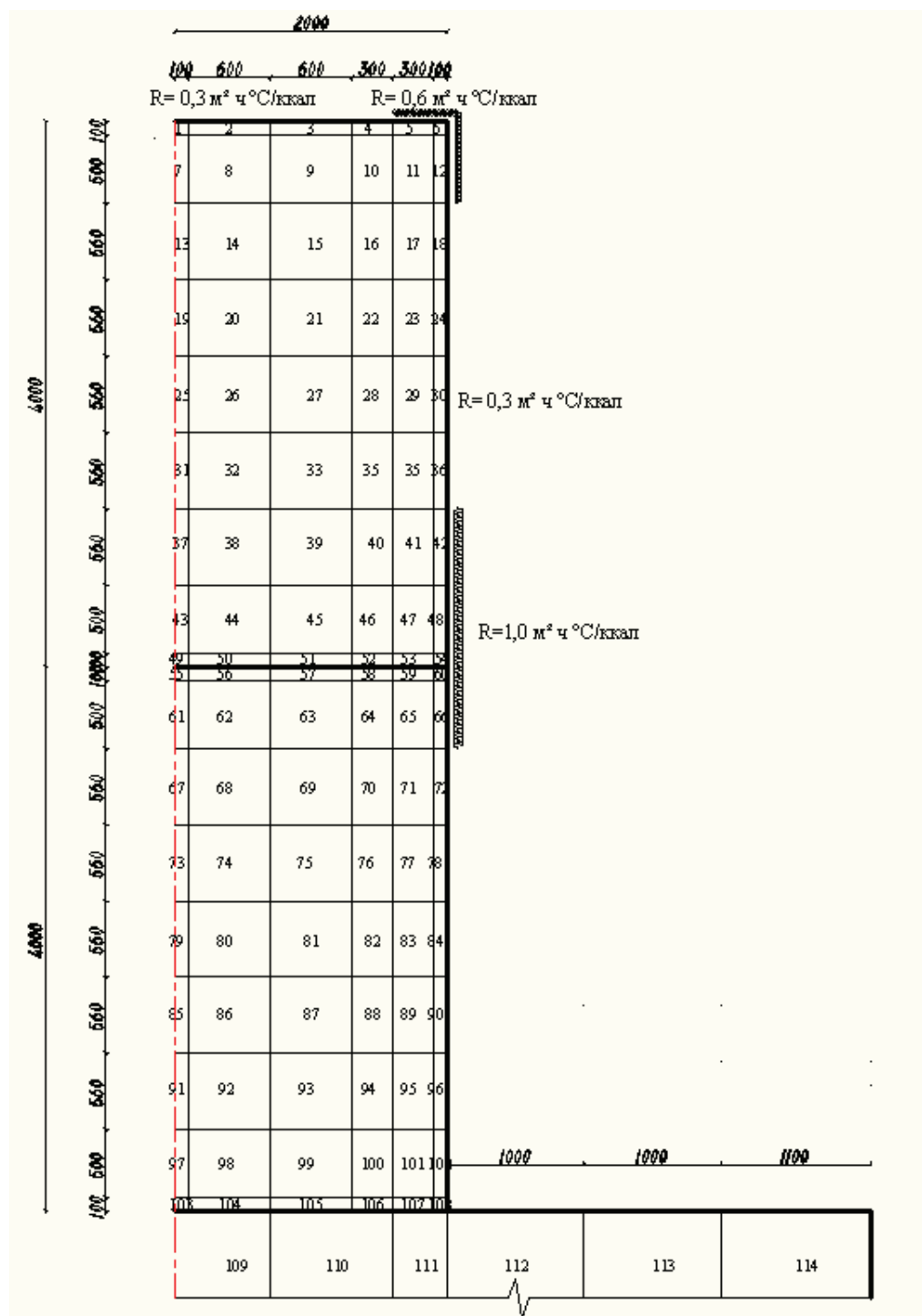


Рисунок 3 – Расчётная схема стойки опоры Крымского моста в продольном направлении

Figure 3 – Design scheme of the Crimean bridge support pillar in the longitudinal direction

и период максимального перепада температур превышает значение 20°C, при этом набор прочности бетона 75% от проектной обеспечивается уже через трое суток после окончания бетонирования.

Теперь рассмотрим стойку опоры Крымского моста, схема которой в продольном направлении представлена на рисунке 3, графики разогрева и остывания бетона, а также набора им прочности – на рисунке 4.

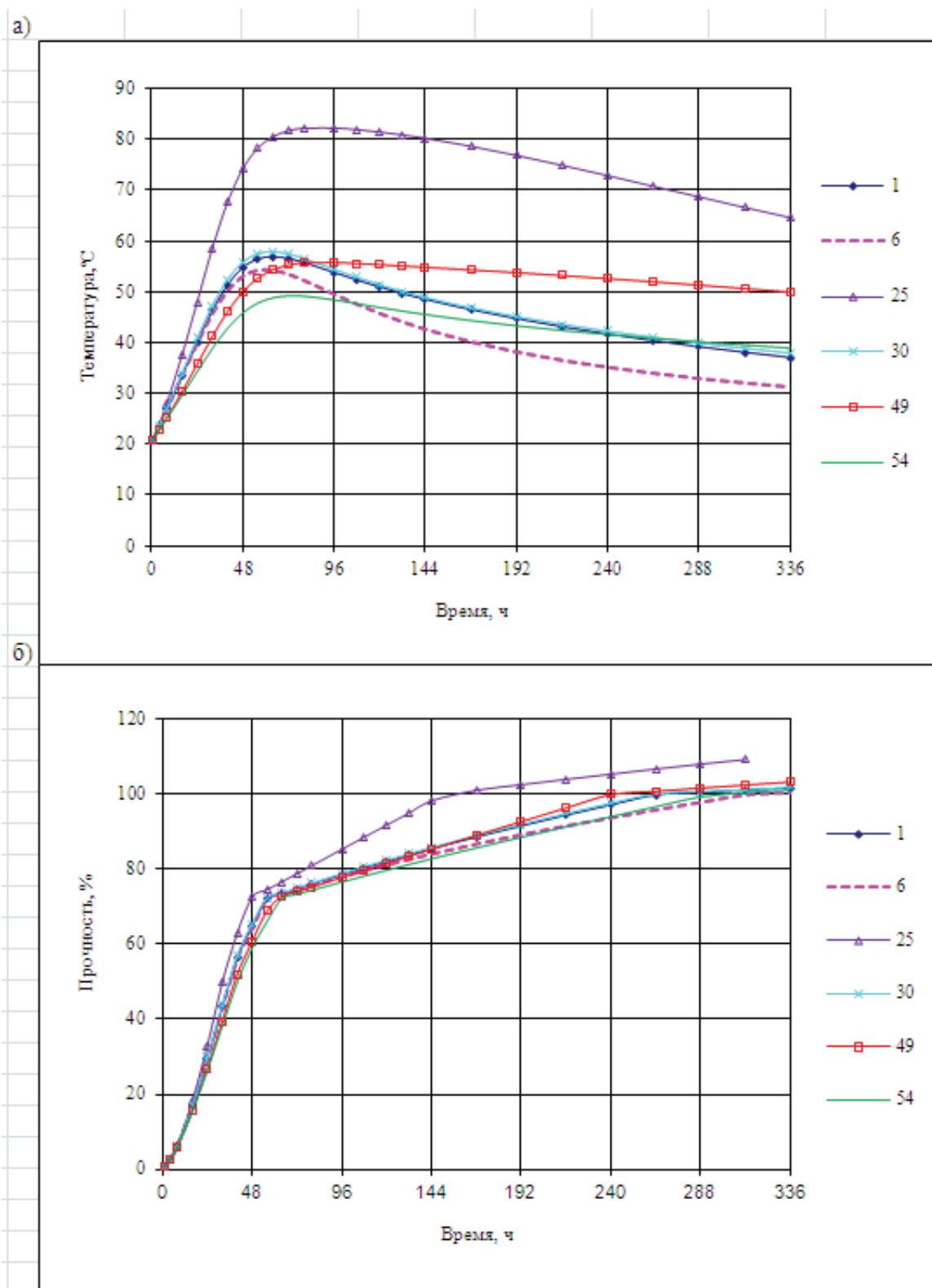


Рисунок 4 – Графики изменения температуры и прочности твердеющего бетона стойки опоры в продольном направлении при температуре бетонной смеси 20°C, температуре основания 20°C, температуре наружного воздуха 20°C

Figure 4 – Schemes of the temperature and strength of hardening concrete in grillage by 20°C concrete mixture temperature and by 20°C outdoor temperature in the longitudinal direction

На основе полученных данных можно сделать анализ о том, что в бетоне конструкции при дополнительном утеплении ее мало-массивных частей также формируется благоприятное собственное термонапряжённое состояние, однако при этом для обеспечения требуемых потребительских свойств необходимо осуществлять дополнительное утепление периметра основания, на которое укладывается бетонная смесь, во избежание массового оттока от бетонной смеси тепла и образования температурных трещин в зоне стыка уложенного бетона с затвердевшим. На рисунке 4 видно, что в момент формирования вогнутого температурного поля нулевых напряжений в бетоне разница температур, уве-

личивающая значение ее допустимого перепада по всей конструкции при максимальном разогреве бетона и период максимального перепада температур составляет 10 ... 12°C.

Как было сказано ранее, с целью уточнения величины тепловой изоляции и целесообразности дополнительного утепления конструктивных элементов, имеющих значительные габариты по одному из направлений, целесообразно провести расчёт в данном направлении, что и было сделано для указанной стойки опоры. Схема стойки опоры Крымского моста в поперечном направлении представлена на рисунке 5, графики разогрева и остывания бетона, а также набора им прочности – на рисунке 6.

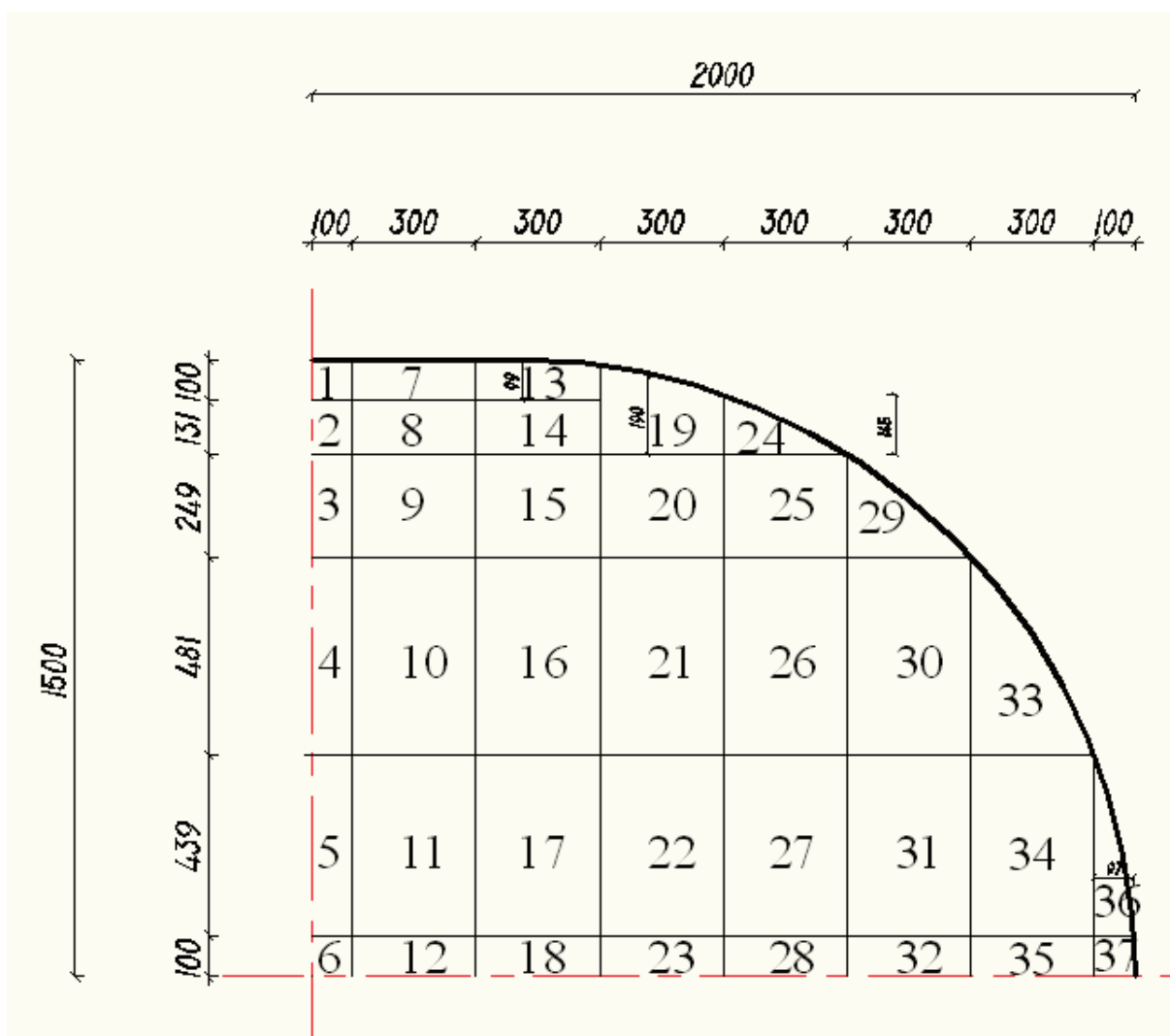


Рисунок 5 – Расчётная схема стойки опоры Крымского моста в поперечном направлении

Figure 5 – Design scheme of the Crimean bridge support pillar in the transverse direction

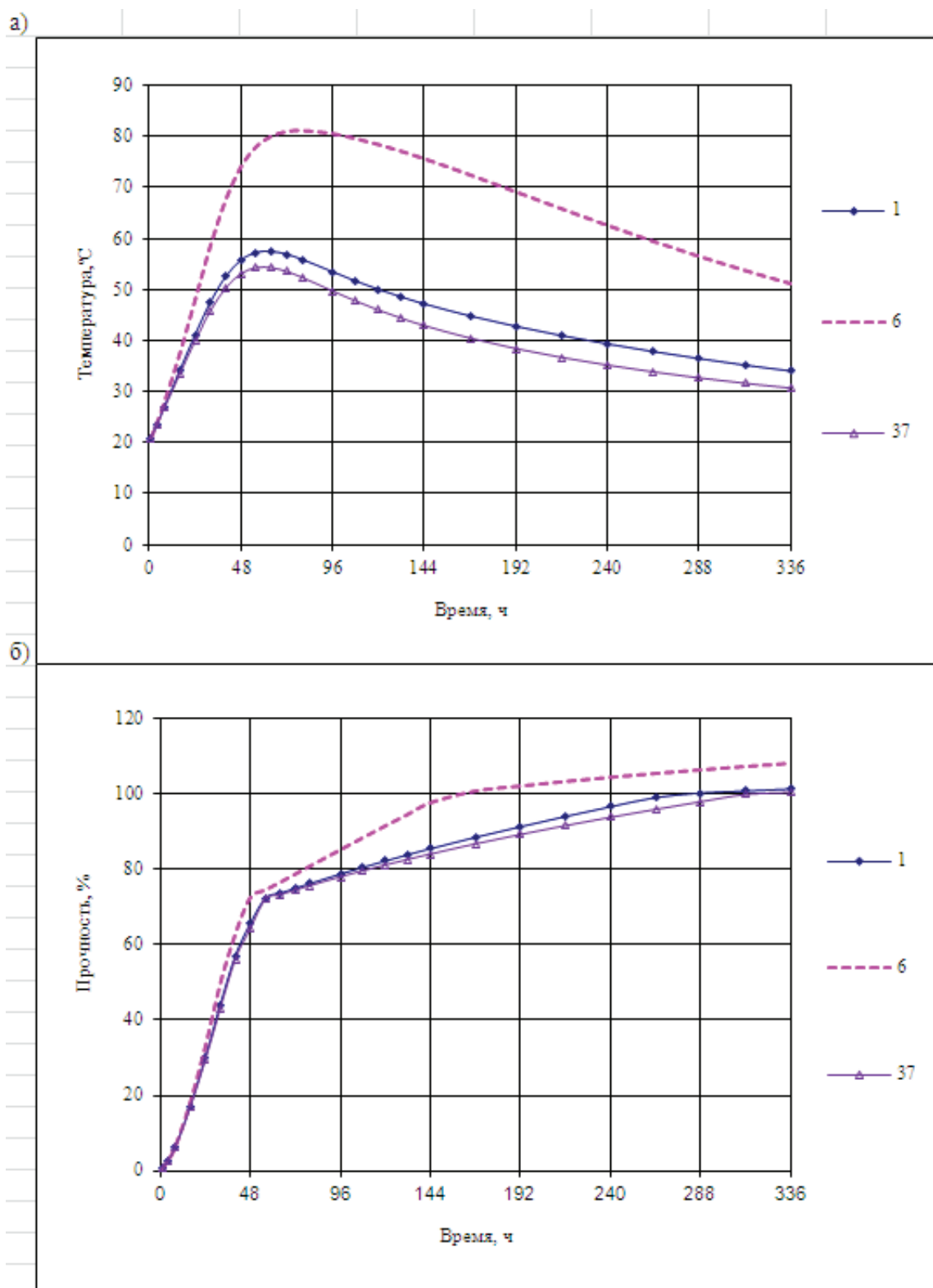


Рисунок 6 – Графики изменения температуры и прочности твердеющего бетона стойки опоры в поперечном направлении при температуре бетонной смеси 20°C, температуре основания 20°C, температуре наружного воздуха 20°C

Figure 6 – Schemes of the temperature and strength of hardening concrete in grillage by 20°C concrete mixture temperature and by 20°C outdoor temperature in the transverse direction

На графиках видно, что для обеспечения трещиностойкости бетона нет необходимости устраивать дополнительное утепление всей конструкции по высоте, а с учётом величины собственно температурных напряжений в бетоне перепад температур, в период которого обеспечивается заданное условие, составляет в среднем 30 ... 35°C. Кроме того, следует отметить, что числовые значения как температуры разогрева бетонной смеси, максимальных температурных перепадов, так и сроков набора прочности бетоном оказались схожими как при расчёте в поперечном, так и в продольном направлении, что подтверждает достоверность расчётного программно-аналитического комплекса.

Помимо вопросов температурного и прочностного режимов твердеющего бетона одним из важных условий ускорения процесса возведения опор Крымского моста является скорость оборачиваемости опалубки, которая, в том числе при бетонировании захватками по высоте, во многом определяется температурой ранее забетонированного основания, на которое укладывается бетонная смесь. При проведении данной работы был применен опыт, описанный авторами статьи ранее [24], согласно которому за такую температуру принималась величина, равная 40°C.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённая работа позволила обобщить и уточнить полученные ранее выводы [25, 26], а также установить требуемые расчетные параметры термонапряжённого состояния твердеющего бетона моста, разработать мероприятия по предупреждению трещинообразования в бетоне с учётом жаркого климата и того фактора, что обеспечение высоких технологических свойств бетона конструкций зависит не только от соответствующих свойств бетонной смеси, её теплообмена с окружающей средой и температурных перепадов, но и от условий образования благоприятного собственного термонапряжённого состояния. Также в работе показано, что применительно к внеклассовым транспортным сооружениям для каждого конструктивного элемента можно разработать собственный подход к процессу бетонирования, который оказывает весомое влияние на гарантию получения требуемых потребительских свойств всей возводимой конструкции.

Опыт научного сопровождения строительства подобных объектов доказал, что существующая в настоящее время практика данного сопровождения исключительно на стадии его строительства не оправдывает себя в полной мере. С целью подбора эффективных материалов и технологий строительства научное сопровождение объекта требуется вести уже на стадии проектирования, что на деле оказывается выгодным как с финансовой, так и с практической точки зрения.

Обобщенные исследования напряжённого состояния твердеющего бетона показывают, что вне зависимости от особенностей конструктивных элементов транспортных сооружений применительно к ним возможно разработать различные технологии защиты от возникновения температурных дефектов даже с учётом заданного темпа строительства.

На основании полученных данных и обобщения имеющегося опыта авторами статьи были разработаны технологические регламенты на производство подготовительных, опалубочных, арматурных и бетонных работ при возведении массивных опор (ростверки, стойки, ригели), возводимых на суше и в акватории, при строительстве автодорожного и железнодорожного мостов через Керченский пролив в условиях круглогодичного строительства с проведением теплофизических расчётов твердеющего бетона, основные положения которых позволили обеспечить требуемый темп бетонирования конструктивных элементов Крымского моста с соблюдением требуемых сроков оборачиваемости опалубки, что позволило ускорить процесс пуска автомобильного движения по мосту, задать темп строительства железнодорожной части моста при неукоснительном соблюдении требований по обеспечению высоких потребительских свойств конструктивных элементов рассматриваемого объекта и сформировать важный опыт строительства подобных внеклассных, но все более распространённых в нашей стране объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Космин В.В., Мозалев С.В. Проблемы исследований, проектирования и строительства мостов больших пролётов // Научно-технический журнал «Вестник мостостроения». 2014. № 1. С. 19–24.

2. Красновский Б.М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования. М.: ГАСИС, 2004. 470 с.

3. Соколов С.Б. Влияние колебаний температуры воздуха в тепляках на температуру твердеющего бетона при возведении монолитных плитно-ребристых пролётных строений в холодный период года. Научные труды ОАО ЦНИИС «От гидравлического интегратора к современным компьютерам», №213. М.: ЦНИИС, 2002. С. 167–172.

4. Пассек В.В., Заковенко В.В., Антонов Е.А., Ефремов А.Н. Применение искусственного охлаждения в процессе управления температурным режимом возводимых железобетонных арок. Научные труды ОАО ЦНИИС «От гидравлического интегратора к современным компьютерам», №213. М.: ЦНИИС, 2002. С. 73–75.

5. Смирнов Н.В., Антонов Е.А. Роль ползучести бетона в формировании термонапряжённого состояния монолитных железобетонных конструкций в процессе её возведения. Научные труды ОАО ЦНИИС «От гидравлического интегратора к современным компьютерам», №213. М.: ЦНИИС, 2005. С. 89–117.

6. Евланов С.Ф. Технологические трещины на поверхности монолитных пролётных строений. Научные труды ОАО ЦНИИС «Проблемы нормирования и исследования потребительских свойств мостов», № 208. М.: ЦНИИС, 2002. С. 27–36.

7. Васильев А.И., Вейцман С.Г. Современные тенденции и проблемы отечественного мостостроения // Научно-технический журнал «Вестник мостостроения». 2015. № 1. С. 2–17.

8. Соловьянчик А.Р., Шифрин С.А., Ильин А.А., Соколов С.Б. Выбор технологических параметров производства бетонных работ при возведении массивных ростверков и опор арок пилонного вантажного моста через реку Москву. Научные труды ОАО ЦНИИС «Исследование транспортных сооружений», №230. М.: ЦНИИС, 2006. С. 24–30.

9. Соловьянчик А.Р., С.М. Пуляев, И.С. Пуляев. Исследование тепловыделения цемента, используемых при строительстве мостового перехода через Керченский пролив // Вестник СибАДИ. 2018. № 2. С. 283–293.

10. Соловьянчик А.Р., Коротин В.Н., Шифрин С.А., Вейцман С.Г. Опыт снижения трещинообразования в бетоне от температурных воздействий при сооружении Гагаринского

тоннеля // Научно-технический журнал «Вестник мостостроения». 2002. №3–4. С. 53–59.

11. Гинзбург А.В. Обеспечение высокого качества и эффективности работ при возведении тоннелей из монолитного бетона // Научно-технический журнал «Вестник МГСУ». 2014. № 1. С. 98–110.

12. Соловьянчик А.Р., Шифрин С.А., Коротин В.Н., Вейцман С.Г. Реализация концепции «качество» при сооружении Гагаринского тоннеля в г. Москве. Научные труды ОАО ЦНИИС «Технологии и качество возводимых конструкций из монолитного бетона», № 217. М.: ЦНИИС, 2003. С. 206–212.

13. Балючик Э.А., Величко В.П., Черный К.Д. Изготовление блоков облицовки в зимний период строительства моста через реку Ангара // Научно-технический журнал «Транспортное строительство». 2012. № 10. С. 4–7.

14. Соловьянчик А.Р., Пуляев И.С. Предупреждение трещинообразования в бетоне при возведении нижних частей пилонов вантажного моста через р. Оку на обходе г. Муром // Научно-технический журнал «Вестник МГСУ». 2008. № 1. С. 285–295.

15. Solovyanchik A.R., Krylov B.A., Malinsky E.N. Inherent thermal stress distributions in concrete structures and method for their control. Thermal Cracking in Concrete at Early Ages. Proceedings of the International RILEM Symposium. Munich, 1994. 5 p.

16. Пуляев И.С., Дудаева А.Н. Исследование температурного режима твердеющего бетона верхних ярусов верхней части пилонов при строительстве моста через р. Оку на обходе г. Мурома. Научные труды ОАО ЦНИИС «Испытания и расчёты конструкций транспортных сооружений», №251. М.: ЦНИИС, 2009. С. 45–52.

17. Соловьянчик А.Р., Шифрин С.А., Коротин В.Н., Вейцман С.А. Опыт использования неполного обжатия бетона для предупреждения появления трещин в конструктивных элементах транспортных сооружений. Научные труды ОАО ЦНИИС «Технология и качество возводимых конструкций из монолитного бетона», № 217. М.: ЦНИИС, 2003. С. 200–205.

18. Тарасов А.М., Бобров Ф.Ю., Пряхин Д.В. Применение физического моделирования при строительстве мостов и других сооружений // Научно-технический журнал «Вестник мостостроения». 2007. № 1. С. 21–26.

19. Пряхин Д.В. Исследование работы

вантового пролётного строения моста методами физического моделирования // Научно-технический журнал «Транспортное строительство». 2009. № 10. С. 11–13.

20. Величко В.П., Черный К.Д. Учет напряженно-деформированного состояния в сборно-монолитных опорах мостов на стадии их сооружения // Научно-технический журнал «Транспортное строительство». 2013. № 2. С. 11–13.

21. Лукьянов В.С., Соловьянчик А.Р. Физические основы прогнозирования собственного термонапряженного состояния бетонных и железобетонных конструкций. Сборник научных трудов ЦНИИС, №73. М.: ЦНИИС, 1972. С. 36–42.

22. Лукьянов В.С., Соловьянчик А.Р. Исследование тепловыделения цемента в термосном калориметре ЦНИИСа. Сборник докладов «Методы экспериментального определения и расчёта тепловыделения в бетоне». М.: ВНИИПИ Теплопроект, 1971. С. 45–58.

23. Лукьянов В.С., Денисов И.И. Расчёт термоупругих деформаций массивных бетонных опор мостов для разработки мер по повышению их трещиностойкости. Сборник научных трудов ЦНИИС, №36. М.: ЦНИИС, 1970. С. 4–43.

24. Пуляев И.С., Пуляев С.М. К вопросу о максимальной температуре основания, при которой допускается укладка бетонной смеси при возведении транспортных сооружений // Научно-технический журнал «Вестник МГСУ». 2011. № 2. С. 295–304.

25. Коротин В.Н. Конструктивно – технологические особенности сооружения монолитных пролётных строений эстакады // Научно-технический журнал «Вестник мостостроения». 2002. № 3–4. С. 3–8.

26. Пассек В.В., Соловьянчик А.Р. Методика исследований температурного режима балок пролётных строений мостов в процессе тепловлажностной обработки. Сборник научных трудов ЦНИИС «Температурный режим и вопросы повышения устойчивости и долговечности транспортных сооружений на БАМ». М.: ЦНИИС, 1980. С. 97–103.

REFERENCES

1. Kosmin V.V., Mozalev S.V. Problemy issledovaniy, proyektirovaniya i stroitel'stva mostov bol'shikh prolotov [Research problems, design and construction of large span bridges].

Nauchno-tehnicheskiy zhurnal *Vestnik mostostroyeniya*, 2014, no 1, pp. 19–24. (in Russian)

2. Krasnovskiy B.M. *Inzhenerno-fizicheskiye osnovy metodov zimnego betonirovaniya* [Engineering and physical foundations of winter concreting methods]. Moscow, GASIS, 2004. 470 p. (in Russian)

3. Sokolov S.B. Vliyaniye kolebaniy temperatury vozdukha v teplyakakh na temperaturu tverdeyushchego betona pri vozvedenii monolitnykh plitno-rebristyykh prolotnykh stroyeniy v kholodnyy period goda [Influence of air temperature fluctuations in hotbeds on the temperature of hardening concrete during the erection of monolithic slab-ribbed spans during the cold period of the year]. Nauchnyye trudy OAO TSNIIS *Ot gidravlicheskogo integratora k sovremennym komp'yuteram*, 2002, no 213. Moscow, TSNIIS, pp. 167–172. (in Russian)

4. Passek V.V., Zakovenko V.V., Antonov Ye.A., Yefremov A.N. Primeneniye iskusstvennogo okhlazhdeniya v protsesse upravleniya temperaturnym rezhimom vozvodimyykh zhelezobetonnykh arok [Application of artificial cooling in the process of the temperature regime controlling of erected reinforced concrete arches]. Nauchnyye trudy OAO TSNIIS *Ot gidravlicheskogo integratora k sovremennym komp'yuteram*, 2002, no 213. Moscow, TSNIIS, pp. 73–75. (in Russian)

5. Smirnov N.V., Antonov Ye.A. Rol' polzuchesti betona v formirovaniy termonapryazhonnogo sostoyaniya monolitnykh zhelezobetonnykh konstruktsey v protsesse yeyo vozvedeniya [Role of concrete in the formation of the thermo-stress state of monolithic reinforced concrete structures in the process of its erection]. Nauchnyye trudy OAO TSNIIS *Ot gidravlicheskogo integratora k sovremennym komp'yuteram*, 2005, no 213. Moscow, TSNIIS, pp. 89–117. (in Russian)

6. Yevlanov S.F. Tekhnologicheskiye treshchiny na poverkhnosti monolitnykh prolotnykh stroyeniy [Technological cracks on the surface of monolithic building structures]. Nauchnyye trudy OAO TSNIIS *Problemy normirovaniya i issledovaniya potrebitel'skikh svoystv mostov*, 2002, no 208. Moscow, TSNIIS, pp. 27–36. (in Russian)

7. Vasil'yev A.I., Veytsman S.G. Sovremennyye tendentsii i problemy otechestvennogo mostostroyeniya [Modern

trends and problems of domestic bridge construction]. *Vestnik mostostroyeniya*, 2015, no 1, Moscow, pp. 2 - 17. (in Russian)

8. Solov'yanchik A.R., Shifrin S.A., Il'in A.A., Sokolov S.B. Vybory tekhnologicheskikh parametrov proizvodstva betonnykh rabot pri vozvedenii massivnykh rostverkov i opor arochnogo pilona vantovogo mosta cherez reku Moskvu [Selection of technological parameters for the production of concrete works during the erection of massive grillage and support of the arch bridge of the cable bridge over the Moscow River]. *Nauchnyye trudy OAO TSNIIS Issledovaniye transportnykh sooruzheniy*, 2006, no 230, Moscow, TSNIIS, pp. 24–30. (in Russian)

9. Solov'yanchik A.R., S.M. Pulyayev, I.S. Pulyayev. Issledovaniye teplovydeleniya tsementov, ispol'zuyemykh pri stroitel'stve mostovogo perekhoda cherez Kerchenskiy proliv [Investigation of the cements heat release used in the construction of the bridge across the Kerch Strait]. *Vestnik SibADI*, 2018, no 2, pp. 283–293. (in Russian)

10. Solov'yanchik A.R., Korotin V.N., Shifrin S.A., Veytsman S.G. Opyt snizheniya treshchinoobrazovaniya v betone ot temperaturnykh vozdeystviy pri sooruzhenii Gagarinskogo tonnelya [Experience in reducing cracking in concrete from thermal effects during the construction of the Gagarinsky tunnel]. *Vestnik mostostroyeniya*, 2002, no 3–4, pp. 53–59. (in Russian)

11. Ginzburg A.V. Obespecheniye vysokogo kachestva i effektivnosti rabot pri vozvedenii tonney iz monolitnogo betona [Ensuring the high quality and efficiency of work in the construction of tunnels from monolithic concrete]. *Vestnik MGSU*, 2014, no 1, pp. 98–110. (in Russian)

12. Solov'yanchik A.R., Shifrin S.A., Korotin V.N., Veytsman S.G. Realizatsiya kontseptsii «kachestvo» pri sooruzhenii Gagarinskogo tonnelya v g. Moskve [Realization of the quality concept in the construction of the Gagarinsky tunnel in Moscow]. *Nauchnyye trudy OAO TSNIIS «Tekhnologii i kachestvo vozvodimyykh konstruksiy iz monolitnogo betona»*, 2003, no 217, pp. 206–212. (in Russian)

13. Balyuchik E.A., Velichko V.P., Chernyy K.D. Izgotovleniye blokov oblitsovki v zimniy period stroitel'stva mosta cherez reku Angaru [Manufacturing of cladding units during the winter construction of the bridge across the

Angara River]. *Transportnoye stroitel'stvo*, 2012, no 10, pp. 4–7. (in Russian)

14. Solov'yanchik A.R., Pulyayev I.S. Preduprezhdeniye treshchinoobrazovaniya v betone pri vozvedenii nizhnikh chastey pilonov vantovogo mosta cherez reku Oku na obkhode goroda Muroma [Prevention of cracking in concrete when erecting the lower parts of the pylons of the cable-stayed bridge across the Oka River on the bypass of the Murom city]. *Vestnik MGSU*, 2008, no 1, pp. 285–295. (in Russian)

15. Solov'yanchik A.R., Krylov B.A., Malinsky E.N. Inherent thermal stress distributions in concrete structures and method for their control. Thermal Cracking in Concrete at Early Ages. Proceedings of the International RILEM Symposium. Munich, 1994. 5 p.

16. Pulyayev I.S., Dudayeva A.N. Issledovaniye temperaturnogo rezhima tverdeyushchego betona verkhnykh yarusov verkhney chasti pilonov pri stroitel'stve mosta cherez r. Oku na obkhode g. Muroma [Investigation of the temperature regime of hardening concrete of the upper layers of the upper part of the pylons during the construction of the bridge over the Oka River on the bypass of the city of Murom]. *Nauchnyye trudy OAO TSNIIS Ispytaniya i raschoty konstruksiy transportnykh sooruzheniy*, 2009, no 251. Moscow, TSNIIS, pp. 45–52. (in Russian)

17. Solov'yanchik A.R., Shifrin S.A., Korotin V.N., Veytsman S.A. Opyt ispol'zovaniya nepolnogo obzhatiya betona dlya preduprezhdeniya poyavleniya treshchin v konstruktivnykh elementakh transportnykh sooruzheniy [Experience in the use of incomplete compression of concrete to prevent the appearance of cracks in structural elements of transport structures]. *Nauchnyye trudy OAO TSNIIS Tekhnologiya i kachestvo vozvodimyykh konstruksiy iz monolitnogo betona*, 2003, no 217. Moscow, TSNIIS, pp. 200–205. (in Russian)

18. Tarasov A.M., Bobrov F.YU., Pryakhin D.V. Primeneniye fizicheskogo modelirovaniya pri stroitel'stve mostov i drugikh sooruzheniy [Application of physical modeling in the construction of bridges and other structures]. *Vestnik mostostroyeniya*, 2007, no 1, pp. 21–26. (in Russian)

19. Pryakhin D.V. Issledovaniye raboty vantovogo prolotnogo stroyeniya mosta metodami fizicheskogo modelirovaniya [Investigation of the cable-stayed bridge

structure using physical modeling methods]. *Transportnoye stroitel'stvo*, 2009, no 10, pp. 11–13. (in Russian)

20. Velichko V.P., Chernyy K.D. Uchet napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya v sborno-monolitnykh oporakh mostov na stadii ikh sooruzheniya [The account of the stress-strain state in the team-monolithic bridge supports at the stage of their construction]. *Transportnoye stroitel'stvo*, 2013, no 2, pp. 11–13. (in Russian)

21. Luk'yanov V.S., Solov'yanchik A.R. Fizicheskiye osnovy prognozirovaniya sobstvennogo termonapryazhonnogo sostoyaniya betonnykh i zhelezobetonnykh konstruktsiy [Physical basis for predicting the intrinsic thermo-stress state of concrete and reinforced concrete structures]. *Sbornik nauchnykh trudov TSNIIS*, no 73. Moscow, TSNIIS, 1972. pp. 36–42. (in Russian)

22. Luk'yanov V.S., Solov'yanchik A.R. Issledovaniye teplovyydeniya tsementa v termosnom kalorimetre TSNIISa [Investigation of the heat release of cement in a thermosensitive calorimeter of CNIIS]. *Sbornik dokladov Metody eksperimental'nogo opredeleniya i raschota teplovyydeniya v betone*. Moscow, VNIPI Teploproyekt, 1971. pp. 45–58. (in Russian)

23. Luk'yanov V.S., Denisov I.I. Raschot termouprugikh deformatsiy massivnykh betonnykh opor mostov dlya razrabotki mer po povysheniyu ikh treshchinostoykosti [Calculation of thermoelastic deformations of massive concrete bridge supports to develop measures to increase their fracture toughness]. *Sbornik nauchnykh trudov TSNIIS*, no 36. Moscow, TSNIIS, 1970. pp. 4–43. (in Russian)

24. Pulyayev I.S., Pulyayev S.M. K voprosu o maksimal'noy temperature osnovaniya, pri kotoroy dopuskayetsya ukladka betonnoy smesi pri vozvedenii transportnykh sooruzheniy [To the question of the maximum temperature of the substrate, at which it is allowed to lay a concrete mixture in the construction of transport facilities]. *Vestnik MGSU*, 2011, no 2, pp. 295–304. (in Russian)

25. Korotin V.N. Konstruktivno – tekhnologicheskiye osobennosti sooruzheniya monolitnykh prolotnykh stroyeniy estakady [Structurally – technological features of the construction of monolithic bridge structures of the flyover]. *Vestnik mostostroyeniya*, 2002, no 3–4, pp. 3–8. (in Russian)

26. Passek V.V., Solov'yanchik A.R. Metodika issledovaniy temperaturnogo rezhima balok prolotnykh stroyeniy mostov v protsesse teplovlazhnostnoy obrabotki [Technique for studying the temperature conditions of the beams of bridge building structures in the process of heat and moisture treatment]. *Sbornik nauchnykh trudov TSNIIS Temperaturnyy rezhim i voprosy povysheniya ustoychivosti i dolgovechnosti transportnykh sooruzheniy na BAM*. Moscow, TSNIIS, 1980. pp. 97–103. (in Russian)

Поступила 02.08.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пуляев Иван Сергеевич (г. Москва, Россия) – канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26).

Пуляев Сергей Михайлович (г. Москва, Россия) – канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Строительные материалы и материаловедение», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Pulyaev Ivan Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Technologies of Binders and Concrete Department, National Research Moscow State University of Civil Engineering (129337, Russia, Moscow, 26, Yaroslavskoe Hw.).

Pulyaev Sergey Mihaylovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Construction Materials and Engineering Department, National Research Moscow State University of Civil Engineering (129337, Russia, Moscow, 26, Yaroslavskoe Hw.).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Пуляев И.С. Постановка задачи, проведение расчётов, анализ результатов расчётов, оформление статьи.

Пуляев С.М. Обработка результатов расчётов, редактирование статьи.

AUTHORS CONTRIBUTION

Pulyaev I.S. Statement of the problem, calculations' carrying out, analysis of the calculations results.

Pulyaev S.M. Processing of the calculations' results, article editing.

РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БАЛОЧНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ НА ОСНОВЕ СОСТАВНЫХ ПРОГОНОВ ИЗ БРЕВЕН

В.А. Уткин, П.Н.Кобзев, Е.Г. Шатунова
ФГБОУ ВО «СибАДИ»,
г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Опыт проектирования и строительства балочных пролетных строений деревянных мостов с составными прогонами указывает на возможность увеличения несущей способности конструкции и длины перекрываемых пролетов.

Материалы и методы. Наиболее рациональными несущими элементами составных прогонов могут служить окантованные на два канта бревна диаметром 28...32 см с максимальным использованием наиболее прочных слоев заболонной древесины и нагельных соединений из стальных пластин с глухими цилиндрическими нагельными.

Результаты. В отличие от известных соединений составных прогонов на пластинчатых нагельных предлагаемое соединение в значительной степени упрощает процесс изготовления составных прогонов, позволяет применять стыкование бревен по длине с объединением их в трех-четырёхъярусные прогоны и увеличивать длину пролета.

Заключение. Предлагаемые решения способствуют увеличению несущей способности составных прогонов и позволяют применять их в конструкциях пролетных строений деревянных мостов при современных автомобильных нагрузках. Разработан метод расчета составных прогонов на основе метода сил и дискретного размещения в швах между бревнами сосредоточенных упругоподатливых связей сдвига.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: составные прогоны из окантованных бревен, стальные пластины с защемленными глухими цилиндрическими нагельными, напряжения смятия нагельного гнезда, несущая способность глухого цилиндрического нагельного, гребенчатые соединения.

© В.А. Уткин, П.Н.Кобзев, Е.Г. Шатунова



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF BEAM STRUCTURES ON THE BASIS OF COMPOSITE LOGS' GIRDERS

V.A. Utkin, P.N. Kobzev, E.G. Shatunova
Siberian State Automobile and Highway University,
Omsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. Experience in the design and construction of beam structures of wooden bridges with composite girders indicates the possibility of increasing the bearing capacity and the length of the overlapped spans.

Materials and methods. The most rational load-bearing elements of composite girders can serve as the logs edged on two edges with the diameter of 28 to 32 cm with the maximum use of the most durable layers of sapwood and dowel connections of steel plates with blind cylindrical nags.

Results. In contrast to the compounds of composite girders on lamellar nails, the proposed connection greatly simplifies the process of making the composite girders. Such connection also allows using the logging along the length, combining into three or four tiers and increasing the length of the span.

Discussion and conclusion. The proposed solutions increase the load-bearing capacity of composite girders and allow them to be used in the structures of wooden bridges under modern automotive loads. Moreover, the calculation method of composite girders on the basis of the method of forces and discrete placement in the beams between the logs of concentrated elastic-datum shear bonds is developed.

KEYWORDS: composite girders of banded logs, steel plates with clamped deaf cylindrical dowel, dowel's nest crushing stresses, the bearing capacity of a blind cylindrical dowel, comb-like connections.

© V.A. Utkin, P.N. Kobzev, E.G. Shatunova



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Основной предпосылкой для разработки и совершенствования деревянных пролетных строений является свод правил [СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* (с Изменением N 1)], согласно которого для проектирования деревянных мостов установлена автомобильная нагрузка А11 и колесная в виде тележки Н11 с нагрузкой на ось 14К. Возросшим требованиям пропуски по деревянным мостам современных нагрузок должны соответствовать новые конструктивно технологические формы пролетных строений, отвечающие также современным требованиям по долговечности и индустриальности производства.

Среди многочисленных требований, предъявляемых к капитальным деревянным мостам, необходимо выделить следующие:

- деревянные мосты допускается проектировать на автомобильных дорогах IV и V категории с габаритами Г-10 и Г-8 и возможностью уменьшения их на 1–2 метра в исключительных случаях;
- нормативную временную вертикальную нагрузку от подвижного состава на автомобильных дорогах всех назначений следует принимать в виде полос А11 и тележек Н11;
- расстояние между промежуточными опорами в свету при наличии карчехода следует назначать с учетом карчей, но не менее 15,0 м.

Применение древесины наиболее эффективно в лесных районах страны, где этот материал производится и может использоваться в строительстве мостов без дополнительных затрат на перевозку и переработку, где дорожная сеть формируется автомобильными дорогами IV и V категории, а автомобильные нагрузки не ниже А11 и Н11. Вместе с тем при назначении длин пролетных строений мостов следует учитывать карчеход. В этих условиях русловые пролеты деревянных мостов на ширине разлива должны иметь длины не менее 15 м. Таким образом, задача проектирования пролетных строений длиной 15 и более метров под современные нагрузки становится актуальной.

Из применяемых ранее конструктивно-технологических форм пролетных строений пригодными для дальнейшего применения и совершенствования в современных условиях можно считать дощато-нагельно-гвоздевые и клееные конструкции. Что касается опор, то капитальные конструкции пролетных строений

с обеспеченной долговечностью 50 лет отрицают возможность применения незащищенных от льда, карчехода и гнили деревянных опор, а требуют устройства опор капитального типа.

Ранее полученный опыт проектирования и строительства деревянных мостов свидетельствует о широком применении простых балочных систем, несущими элементами которых служат бревенчатые (брусчатые) прогоны [1]. Анализ известных типовых проектов указывает на ограничения в применении разбросных и сосредоточенных прогонов под временные нагрузки, превышающие Н-10 и НГ-60. При этом применение составных (2-х, 3-х ярусных) прогонов на пластинчатых нагелях позволяет перекрывать пролеты, превышающие стандартные длины бревен 8,5 м. Так, в типовом проекте Киевского филиала ГПИ СОЮЗДОРПРОЕКТ 1967 г. балочное пролетное строение пролетом 9,0 м предусматривало использование круглого леса по специальному заказу. Дальнейшее увеличение длины пролетов требовало при формировании многоярусных прогонов стыкования бревен (брусьев) между собой как по длине, так и по высоте. Очевидно, убедившись, что возможности применения бревенчатых прогонов на пластинчатых нагелях при увеличении пролетов и нагрузок исчерпаны, авторы проекта свои намерения связали с применением дощато-гвоздевых конструкций.

1. Впервые пролетные строения с составными прогонами из бревен под современные нагрузки А-11 и НК-80 были применены на мосту через реку Ушайра в 2004 г. и на мосту через реку Нягов в 2005 г. на севере Омской области [2,3]. На мосту через реку Ушайра были опробованы пролетные строения длиной 8,0 м с проезжей частью из брусчатой деревоплиты [Свидетельство на полезную модель № 29938. Пролетное строение с составными прогонами из бревен./ Патентообладатель ООО Проектно-исследовательская фирма «ПИК».- 10.06.2003] с покрытием из железобетонных дорожных плит, а на мосту через реку Нягов – пролетные строения с составными прогонами из бревен длиной 15,0 м с монолитной железобетонной плитой, включенной в совместную работу с прогонами [Патент на полезную модель № 35636 РФ. Пролетное строение с составными прогонами из бревен и железобетонной плитой./ Патентообладатель ООО Проектно-исследовательская фирма «ПИК».- 27.01.2004]. Отличительной чертой этих конструкций является применение в швах

между ярусами соединений из стальных пластин с глухими цилиндрическими нагелями. Результаты испытаний опытных конструкций временной нагрузкой указали на соответствие теоретически вычисленных и фактически замеренных напряжений и деформаций в характерных сечениях и на пригодность пролетных строений к эксплуатации на действие установленных нагрузок.

Применение составных прогонов с описанными в [3] связями сдвига на опытном мосту показало высокую эффективность их при изготовлении, связанную с упрощением конструкции, процессов объединения и обеспечения совместной работы отдельных элементов между собой.

В нашей стране накоплен большой опыт в области исследования сквозных нагельных соединений. Значительный вклад в расчет нагеля внесли работы Б.Л. Николаи [4], В.М. Коченова [5], В.Ф. Иванова [6] и др.

В результате для определения несущей способности нагеля на срез предложены формулы, исходя из условия изгиба самого нагеля, смятия древесины в крайних и средних волокнах, вошедшие в [СП 64.13330.2011 – Деревянные конструкции (актуализированная редакция СНиП II-25-80)].

В настоящей работе сквозные цилиндрические нагели со стальными накладками применяются для стыкования бревен по длине пролета.

Результаты численного исследования напряженно-деформированного состояния двухсрезного симметричного нагельного соединения приводятся в работах В.А. Жилкина [7,8]. Получены новые приближенные аналитические соотношения в зонах контакта нагеля и древесины, предложена уточненная расчетная схема нагеля, которые в данной работе не используются.

Стальные пластины с односторонними защемленными в них глухими цилиндрическими нагелями (далее «гребенчатые пластины») устанавливаются нагелями «на клею» в подготовленные на окантованной стороне бревна отверстия и после совмещения сопрягаемых пластин при составлении прогонов и постановки стяжных болтов попарно объединяются сваркой вступающих кромок (рисунок 1).

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Особенность работы гребенчатых пластин состоит в защемлении цилиндрических нагелей в стальной пластине. Жесткость защемления нагеля зависит от толщины пластины,



Рисунок 1 – Прогон, установленный на опору моста

Figure 1 – Girder mounted on the bridge support

диаметра нагеля и плотности заделки нагеля в отверстии пластины.

В нашем случае предусматривается обварка торца нагеля в отверстии пластины, что позволяет сопоставить этот способ заземления нагеля в пластине с жесткой заделкой верхней части стержня нагеля в монолитной железобетонной плите деревожелезобетонных пролетных строений с клееными балками.

Учитывая, что свободные концы защемленных в гребенчатых пластинах нагелей вставлены аналогично закреплению стержневых нагелей в верхнем поясе клееных балок «на клею» в отверстия бревенчатых прогонов, работа гребенчатых нагельных соединений в составном прогоне рассмотрена в соответствии с работой цилиндрических нагелей в деревожелезобетонных балках пролетных строений [9–11]. Схема работы цилиндрического нагеля в гребенчатом соединении сопрягаемых элементов составного прогона показана на рисунке 2.

В основу указанных теоретических исследований [10–11] положены следующие допущения:

1) Несущая способность нагельных соединений со стальными цилиндрическими нагелями может быть обеспечена при условии соблюдения норм их расстановки.

2) За предельное состояние принимается состояние, когда напряжение смятия под нагелем в гнезде древесины по всей длине достигает предела прочности при смятии или, когда несущая способность изгибу нагеля исчерпывается полностью с образованием шарнира пластичности в корне консоли по контактному слою.

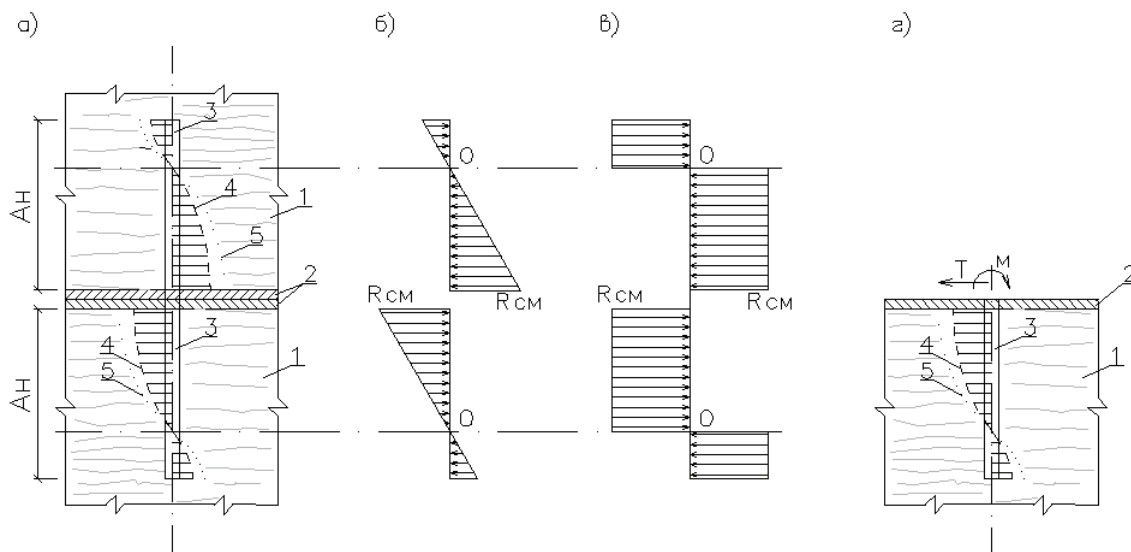


Рисунок 2 – Схема работы цилиндрического нагеля в гребенчатом соединении сопрягаемых элементов составного прогона:
а) деформация смятия древесины в отверстии; б) эпюры напряжений смятия древесины в нагельном гнезде в упругой стадии; в) тоже в предельной стадии; г) условия равновесия нагеля в гнезде.
1 – древесина элементов прогона; 2 – стальная пластина; 3 – стальной цилиндрический нагель;
4 – эпюра смятия гнезда в упругой стадии; 5 – тоже в предельной стадии

Figure 2 – Scheme of cylindrical dowel in a comb-like connection of the mating elements of the composite girder:
a) shear deformation of wood in the hole; б) stress plot of shear wood pin in the slot in the elastic stage;
в) the same in the final stage; г) the conditions of equilibrium of dowel in a socket.
1 – wood elements; 2 – steel plate; 3 – steel cylindrical dowel;
4 – diagram of crushing the socket in the elastic stage; 5 – the same in the limit stage

3) Распределение напряжений в древесине вдоль нагеля (гнезда нагеля) условно принято в виде эпюры из прямоугольников, упруго-изгибаемая ось нагеля прямолинейна, заделка нагеля жесткая.

4) Поперечные силы, силы трения по контактному слою и моменты, стремящиеся оторвать продольные элементы составных балок друг от друга, не учитываются.

5) Предельное значение величины несущей способности нагельного соединения по смятию ограничено предельными деформациями смещения в уровне контактного слоя соединяемых элементов – 0,1 см.

На основании экспериментальных исследований В.И. Кулиша расчетная несущая способность цилиндрического нагеля, защемленного верхним концом в железобетонной плите, а нижним в древесине клееной балки при условии ограничения взаимного сдвига величиной 0,1 см определяется следующим выражением (в кГ/см^2):

$$[T_H] = 90 \cdot a_H \cdot d_H. \quad (1)$$

где a_H – глубина заделки нагеля;

d_H – диаметр нагеля.

В работе П.А. Дмитриева [12], посвященной исследованиям прочности древесины на смятие в нагельном гнезде при длительном действии нагрузки, получены расчетные сопротивления для сосны при деформациях смятия близких к предельным 0,1 см.

Приведенные сопоставимые результаты двух исследований позволяют считать формулу (1) приемлемой для определения несущей способности глухих цилиндрических нагелей в гребенчатых соединениях.

Среди других работ, посвященных нагельным соединениям железобетонной плиты и клееных балок с глухими цилиндрическими нагельями, следует отметить следующие работы:

В работе [13] отмечается существенное увеличение несущей способности соединений на клеенных нагельях, а в работе [14] предпочтение отдается комбинированному соединению из нарезанных в клеевой балке уступов и вклеенных стержней с головками.

В работе [15] рассматриваются способы анкеровки стержней периодического профиля цементным раствором, проводимые в НИИЖБ(е), и способы анкеровки стержней глад-

кого и периодического профиля в Харьковском Промстройпроект(е), приводятся рекомендации по их применению.

В работах финских исследователей [16–17] приводятся результаты испытаний на сдвиг различных нагельных соединений, предназначенных для объединения железобетонной плиты и клееных балок. Все испытанные типы соединений могут быть применены в составных мостовых конструкциях.

Большой объем работ по исследованию деревожелезобетонных пролетных строений с балками из клееной древесины выполнен в последнее десятилетие В.П. Стуковым. Содержание его работ опубликовано в двух монографиях и многочисленных публикациях.

В монографиях [18–19] отражен печальный опыт внедрения деревожелезобетонных пролетных строений в условиях Архангельской области, где лес – основное богатство, а лесопромышленный комплекс занимает 40% экономики региона. Несмотря на актуальность данного направления для мостостроения результаты внедрения эффективных мостовых конструкций остались в прошлом и развития не получили.

Вместе с тем в указанных работах на высоком научно-техническом уровне представлены теоретические основы расчета нагельных соединений, теория расчета деревожелезобетонных балок как составных балок с упругоподатливыми связями между ветвями, солидные экспериментальные исследования. В разделах, посвященных исследованию жесткости нагельных соединений с различными диаметрами и шагом расстановки, приводятся результаты сравнения жесткости нагельных соединений по методу автора и по методу В.И. Кулиша, которые указывают на возможность применения выражения (1). В конечном итоге принятые ранее в работах В.И. Кулиша допущения и рекомендации по несущей способности, жесткости нагельных соединений нашли в работах Стукова В.П. подтверждение.

Следует особо отметить также работы П.Н. Смирнова [20–21], посвященные исследованию торцевых нагельных соединений деревянных конструкций, позволяющих оценить несущую способность защемленного в стальной пластине нагеля поперек волокна.

Цель данной работы – на основе совершенствования конструкций балочных пролетных строений с составными прогонами под нагрузки Н-10 и НГ-60 разработать конструкции капитальных пролетных строений длиной 12–15 м под современные автомобильные и колесные нагрузки А-11 и Н-11.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Разработать предложения по совершенствованию конструкции пролетного строения с составными прогонами из бревен для пролетов 12 – 15 м под современные нагрузки.

2. Разработать методику расчета пролетных строений с составными прогонами из бревен посредством включения их в совместную работу соединениями из стальных накладок и глухих цилиндрических нагелей. Исследуемая конструкция пролетного строения с исходными данными для расчета приведена на рисунке 3.

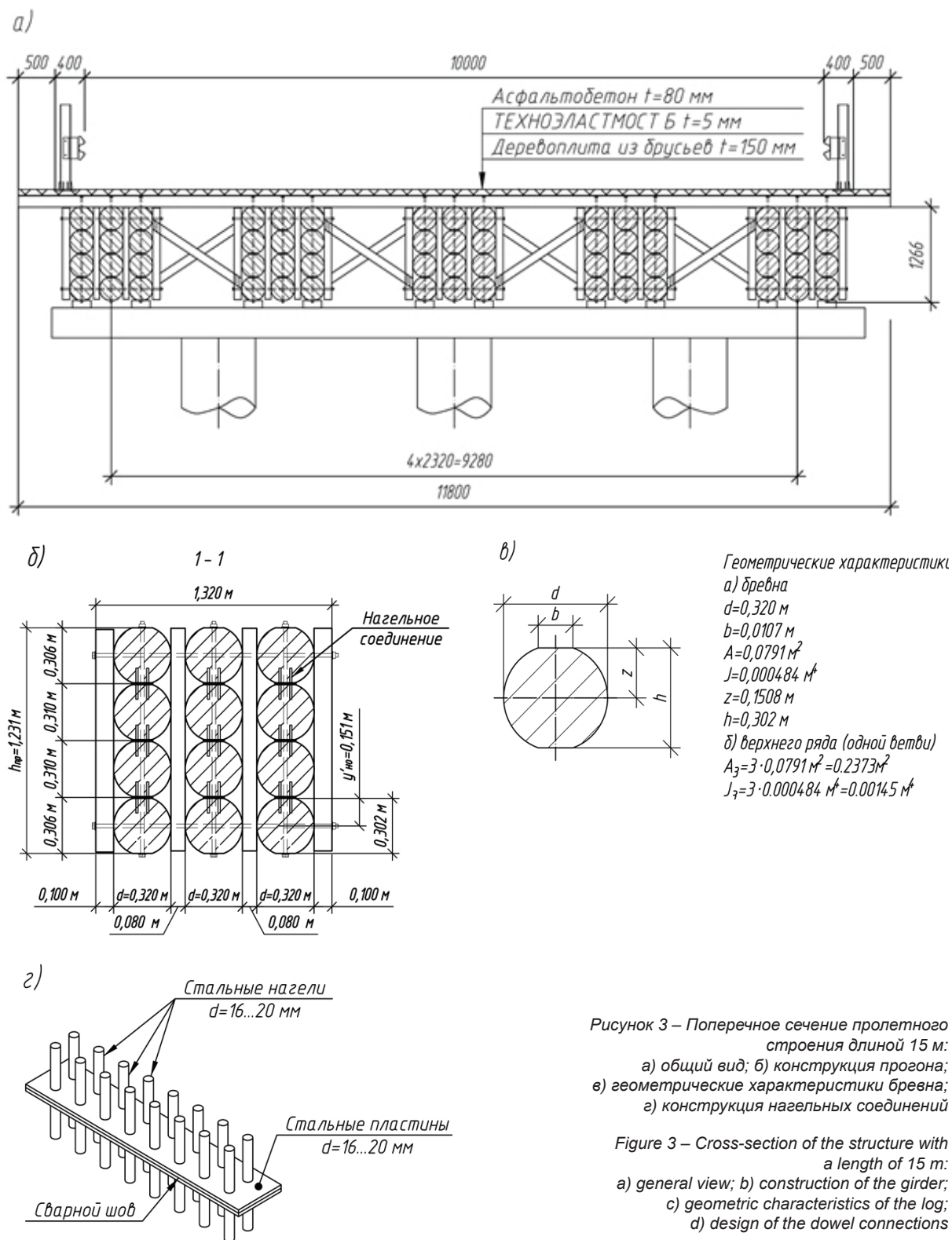
Основой для разработки методики расчета пролетных строений с составными прогонами из бревен принята теория составных стержней Р.А. Ржаницина [22], согласно которой составляющие стержни соединяются между собой непрерывно распределенными по длине стержней абсолютно жесткими поперечными и упруго податливыми продольными связями. Автор допускает равномерное размещение по длине отдельных стержней наряду с равномерно распределенными сосредоточенными связями, что позволяет ему выразить взаимодействие составляющих стержней одним дифференциальным уравнением.

Так как для соединения составляющих составной прогон бревен применены сосредоточенные гребенчатые соединения (связи сдвига) различной мощности, то определение неизвестных усилий в связях сдвига по методу сил сводится к решению системы линейных уравнений, составленных из условий ограничения предельных сдвигов величиной 0,1 см.

Этот метод был применен для расчета составного прогона пролетного строения с бревнами стандартной длины (7,5 м) в составе восьми прогонов из трех бревен [23]. Результаты расчета позволили получить более четкое представление о напряженно-деформированном состоянии каждого элемента составного прогона.

Исследуемая конструкция пролетного строения с исходными данными для расчета приведена на рисунке 3.

Основная система составного прогона длиной 15 м (из трех рядов по четыре бревна в ряду) с сосредоточенными связями сдвига приведена на рисунке 4,а в осевых линиях – на рисунке 4,б. На рисунке показана только левая часть основной системы. С учетом симметрии конструкции правая часть системы зеркально симметрична левой, включая направления неизвестных усилий в связях сдвига.



Общая жесткость на изгиб составного прогона, лишенного связей сдвига, равна сумме жесткостей составляющих стержней (бревен):

$$\sum_{i=1}^{n+1} E_i J_i = \sum E J. \quad (2)$$

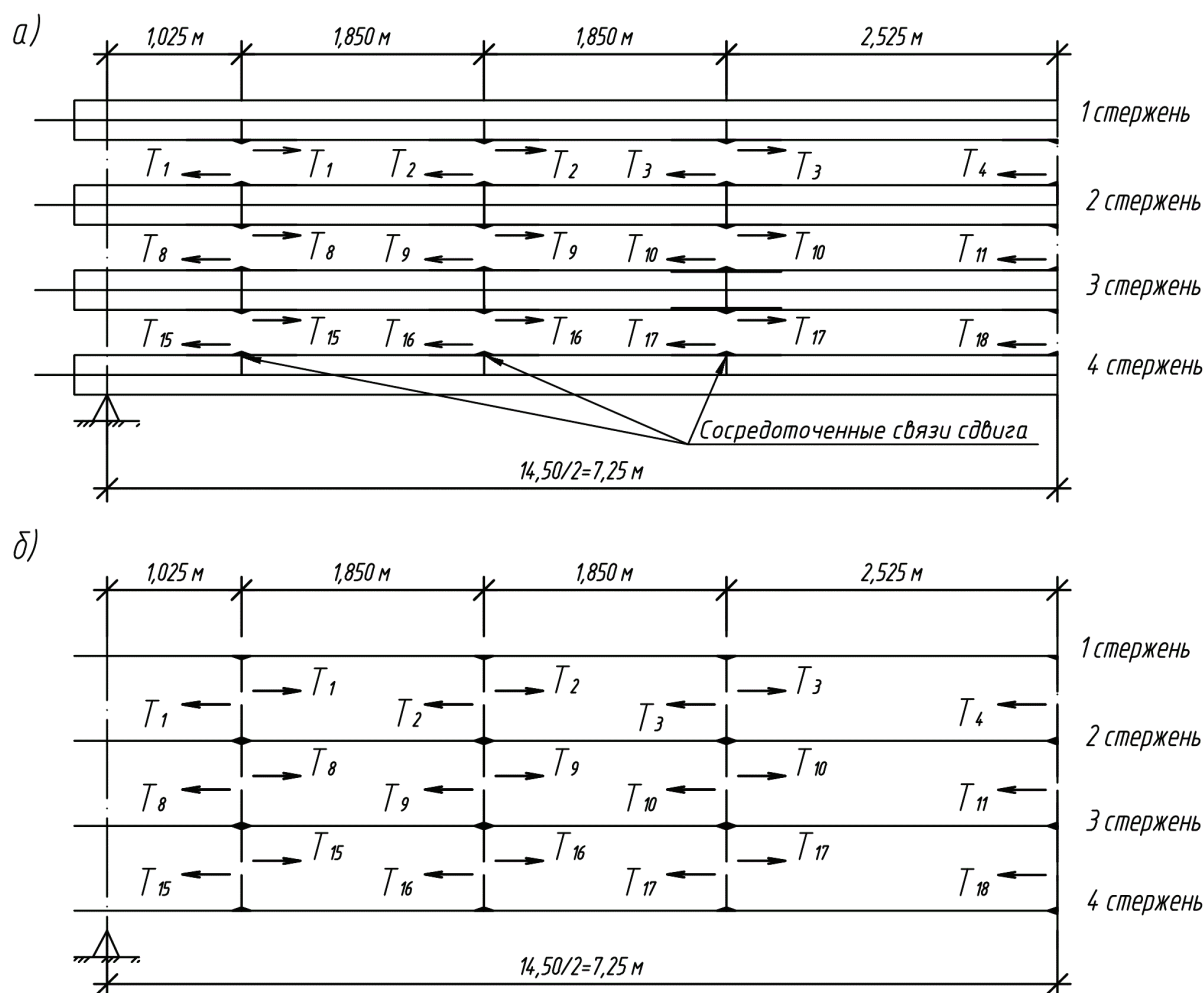


Рисунок 4 – Основная система составного прогона с сосредоточенными связями сдвига
а) из отдельных совместно изгибаемых бревен;
б) приведенная к осевым линиям

Figure 4 – Basic system of composite run with concentrated shear bonds
а) in the individual co-bendable logs;
б) led to axial lines

Систему линейных уравнений эквивалентности основной и заданной систем представлена в матричной форме:

$$\vec{A}\vec{T} + \vec{\Delta}_F + \vec{\Delta}_\Delta = 0, \quad (3)$$

где A – матрица коэффициентов канонических уравнений, $\vec{T}$ – вектор неизвестных усилий сдвига, $\vec{\Delta}_F$ – вектор грузовых перемещений, $\vec{\Delta}_\Delta$ – вектор одинаковых перемещений, равных 0,1 см.

Усилия в связях сдвига вызывают моменты и продольные силы в составляющих стержнях. Полный изгибающий момент в системе будет

равен сумме изгибающих моментов в сечениях каждого составляющего стержня основной системы от внешней нагрузки плюс сумма моментов от усилий в связях сдвига:

$$M = M_0 + \sum_{i=1}^{n+1} M_i^T, \quad (4)$$

где n – число швов в составном прогоне.

Расчет элементов деревянных конструкций мостов по прочности и устойчивости на сжатие с изгибом (п. 10.30-10.31 [СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* (с Изменением N 1)]) производится по формуле

$$\frac{N_d}{A_{nt}} + \frac{M_d}{W_{nt}} \cdot \frac{R_{ds}}{R_{db}} \leq R_{ds}, \quad (5)$$

при этом в составных прогонах внецентренно сжатых элементах на прокладках расчет по устойчивости наиболее напряженной ветви при ее расчетной длине, превышающей в семь раз толщину ветви, следует производить, исходя из условия

$$\frac{N_d}{A_{br}} + \frac{M_d}{\xi \cdot W_{br}} \cdot \frac{R_{ds}}{R_{db}} \leq \varphi \cdot R_{ds}, \quad (6)$$

в которых N_d и M_d – расчетные значения усилий, R_{ds} и R_{db} – расчетные сопротивления, A_{nt} и A_{br} – площади поперечного сечения (нетто и брутто), W_{nt} и W_{br} – моменты сопротивления (соответственно), φ – коэффициент понижения несущей способности для отдельной ветви (по п.10.29 [СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* (с Изменением N 1)]).

Коэффициент ξ , учитывающий влияние дополнительного момента от нормальной силы N_d , определяется по формуле

$$\xi = 1 - \frac{\lambda^2}{3000} \cdot \frac{N_d}{R_{ds} \cdot A_{br}}. \quad (7)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

В качестве примера выполнен расчет составного прогона пролетного строения длиной 15 м из пяти трехрядных прогонов по четыре бревна в ряду диаметром 30 см. Отброшенные связи в швах между бревнами заменены парными неизвестными усилиями сдвига T_i (рисунок 4б). Расстояние между центрами связей принято равным 1,85 м, от опорного сечения до крайних связей с каждой стороны — 1,025 м, в середине пролета на участке 5,05 м связи сдвига отсутствуют. Таким образом, в составном прогоне содержится 18 сосредоточенных связей сдвига, а система уравнений метода сил (3) — 18 неизвестных усилий T_i .

Для определения неизвестных метода сил были построены эпюры единичных и грузовых моментов в основной системе прогона, определены коэффициенты и свободные члены системы уравнений. Но в связи с ограничен-

ными объемами статьи эти данные в статье не приведены.

В результате решения системы уравнений (3) получены следующие значения неизвестных усилий сдвига T_i :

$$\begin{aligned} T_1 &= T_6 = T_7 = T_{12} = T_{13} = T_{18} = 810 \text{ кН}, \\ T_2 &= T_5 = T_8 = T_{12} = T_{14} = T_{17} = 580 \text{ кН}, \\ T_3 &= T_4 = T_9 = T_{10} = T_{15} = T_{16} = 445 \text{ кН}. \end{aligned}$$

В итоге с учетом выражения (4) построены эпюры расчетных изгибающих моментов и продольных сил в составляющих составной прогон стержнях-бревнах (рисунок 5).

В составных внецентренно сжатых элементах первого и третьего рядов из трех бревен нормальные напряжения в сечении 1–1 могут быть определены по формуле (5):

$$\sigma_n = \frac{712}{3 \cdot 0,0792 \cdot 1000} + \frac{44}{3 \cdot 0,0092 \cdot 1000}.$$

$$\cdot \frac{14,7}{15,7} = 3,01 + 4,29 =$$

$$= 7,30 \text{ МПа} \leq 15,7 \text{ МПа}.$$

В составных внецентренно-сжатых наиболее напряженных ветвях первого и третьего рядов бревен (в сечении 2–2), где длина ветви $l_0 = 2,525$ м превышает $l_{0,0} = 7 \cdot h_0 = 7 \cdot 0,3017 = 2,11$ м, нормальные напряжения определяются по формуле (6), где

$$r = 0,25 \cdot d = 0,25 \cdot 32 = 8 \text{ см};$$

$$\lambda = \frac{l_0}{r} = \frac{252,5}{8} = 31,5 < 70;$$

$$\xi = 1 - \frac{\lambda^2}{3000} \cdot \frac{N_d}{R_{ds} \cdot A_{br}} = \frac{31,5^2}{3000} \cdot \frac{157700}{147 \cdot 791} = 0,53;$$

$$\varphi = 1 - 0,8 \cdot \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 = 1 - 0,8 \cdot \left(\frac{31,5}{100} \right)^2 = 0,92.$$

В результате

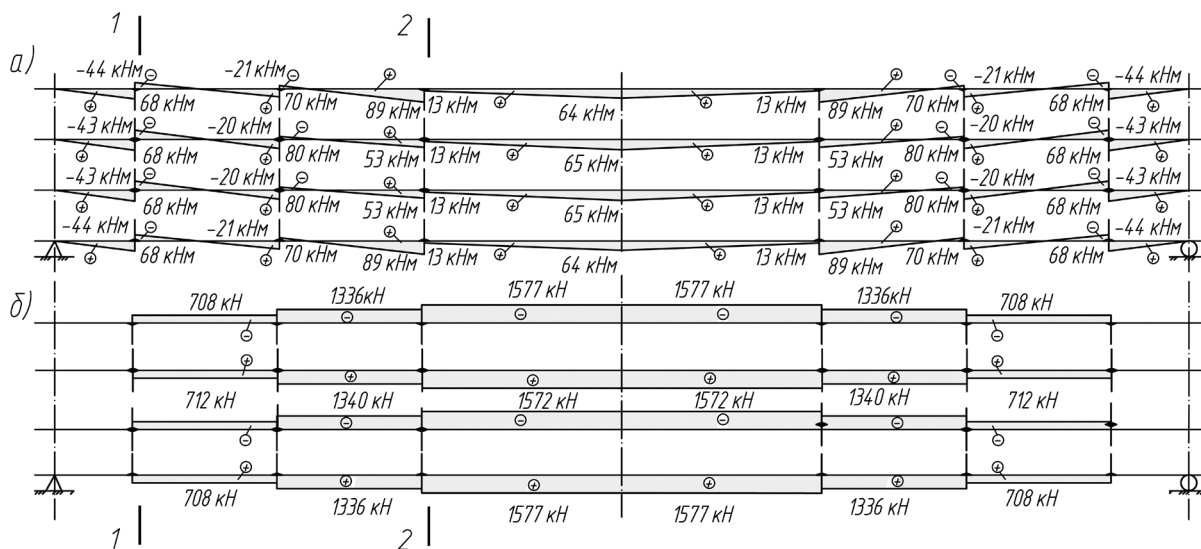


Рисунок 5 – Эпюры расчетных усилий в составном прогоне: а) изгибающих моментов; б) продольных сил

Figure 5 – Diagrams of the calculated forces in the composite girder: а) bending moments; б) longitudinal forces

$$\sigma_{\epsilon} = \frac{1577}{3 \cdot 0,0792 \cdot 1000} + \frac{64}{0,53 \cdot 3 \cdot 0,0092 \cdot 1000} \cdot \frac{14,7}{15,7} = 6,645 + 11,759 = 18,4 \text{ МПа} > 0,92 \cdot 14,7 = 13,5 \text{ МПа}.$$

Таким образом, расчет составного прогона по устойчивости наиболее напряженной ветви указывает на необходимость корректировки расчетной длины ветви в середине пролета до 7 толщин.

Так, например, при введении в срединную часть прогона вместо одной группы (посередине пролета) двух групп симметричных связей сдвига (рисунок 6), расчетная длина наиболее напряженных ветвей прогона будет 1,85 м, что меньше 7 толщин отдельных окантованных на два канта бревен диаметром 32 см.

После решения системы уравнений с 24 неизвестными усилиями в связях сдвига были построены эпюры расчетных усилий M и N (рисунок 7), на основании которых определены нормальные напряжения в рассмотренных ранее сечениях.

В верхних фибрах первого ряда прогона (сечение 1-1) при $\xi = 0,95$

$$\sigma_{\epsilon} = \frac{820}{3 \cdot 0,0792 \cdot 1000} + \frac{64}{0,95 \cdot 3 \cdot 0,0092 \cdot 1000} \cdot \frac{14,7}{15,7} = 3,45 + 6,36 = 9,81 \text{ МПа} < 0,92 \cdot 14,7 = 13,5 \text{ МПа}.$$

Тоже в сечении 4-4 при $\xi = 0,95$

$$\sigma_{\epsilon} = \frac{2161}{3 \cdot 0,0792 \cdot 1000} + \frac{29}{0,94 \cdot 3 \cdot 0,0092 \cdot 1000} \cdot \frac{14,7}{15,7} = 9,09 + 3,21 = 12,30 \text{ МПа} < 0,92 \cdot 14,7 = 13,5 \text{ МПа}.$$

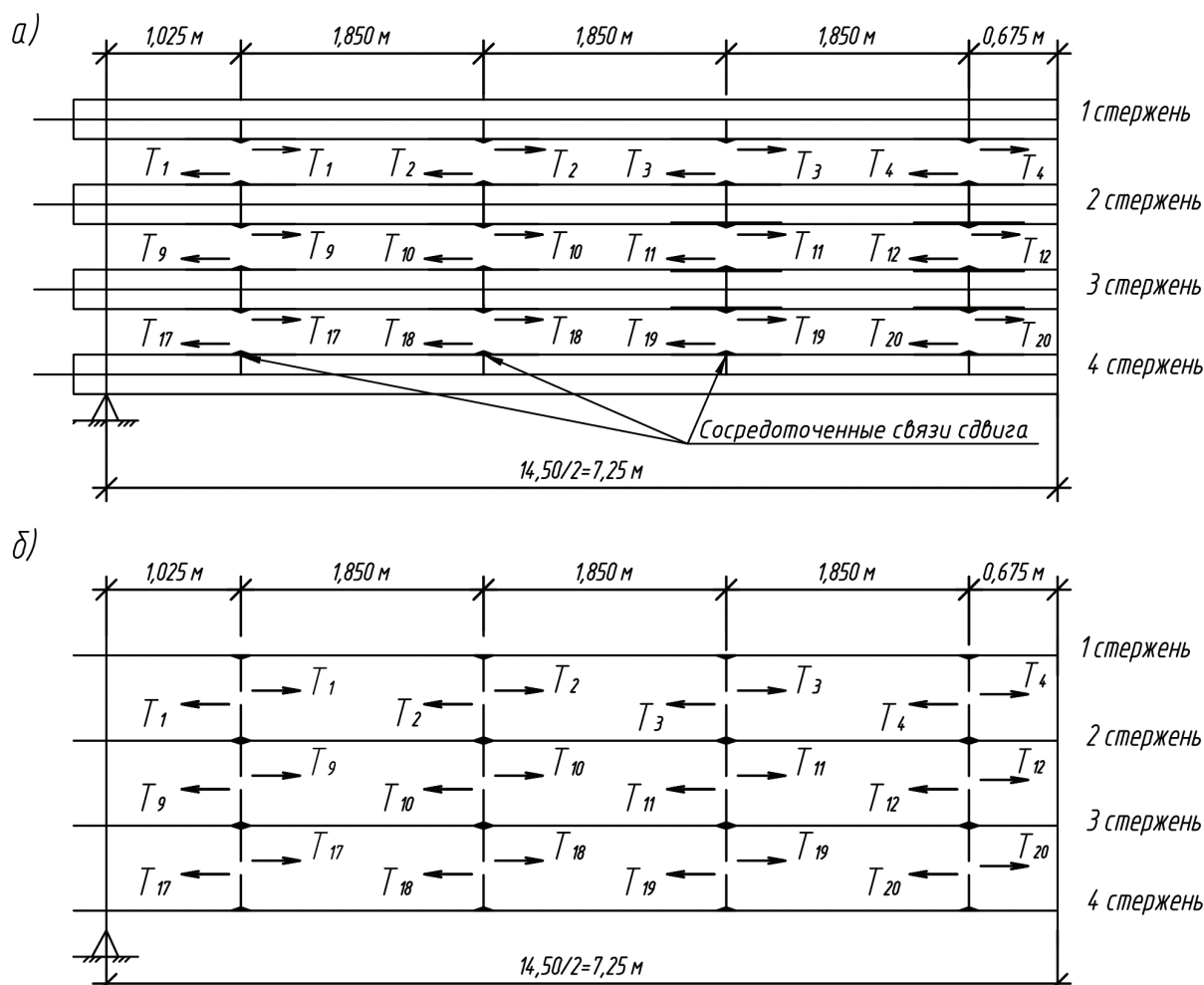


Рисунок 6 – Основная система составного прогона с сосредоточенными связями сдвига
а) из отдельных совместно изгибаемых бревен; б) приведенная к осевым линиям

Figure 6 – Basic system of composite girder with concentrated shear bonds
a) in the individual co-bendable logs; б) led to axial lines

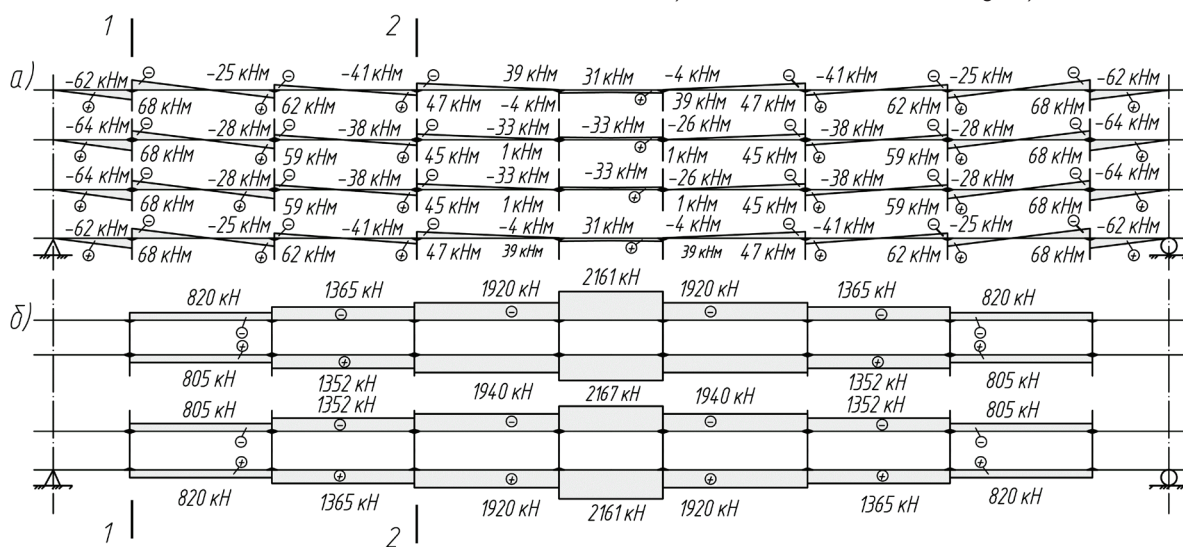


Рисунок 7 – Эпюры расчетных усилий в составном прогоне: а) изгибающих моментов; б) продольных сил

Figure 7 – Diagrams of the calculated forces in the composite girder: а) bending moments; б) longitudinal forces

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В итоге проделанной работы следует отметить:

Разработана конструкция пролетных строений мостов под современные нагрузки с составными прогонами из бревен, позволяющая перекрывать пролеты длиной 12 – 15 м.

Основой повышения несущей способности разработанной конструкции является обеспечение совместной работы составляющих несущую конструкцию составного прогона – бревен.

Совместная работа бревен впервые обеспечивается посредством гребенчатых соединительных элементов из цилиндрических нагелей, зацементированных сваркой в стальных пластинах.

Предложенный метод соединения и расчета составных прогонов позволяет рационально распределять дискретные связи сдвига в соответствии с приходящими на них усилиями, что в значительной степени упрощает процесс изготовления составных прогонов, снижает трудозатраты и материалоемкость конструкции.

Предложенная конструкция может быть использована при строительстве мостов на автомобильных дорогах IV-V категории, особенно в лесных районах страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гибшман Е.Е. Проектирование деревянных мостов. 2-е изд. М.: Транспорт, 1976. 272 с.
2. Уткин В.А., Пузиков В.И., Кобзев П.Н. Опыт внедрения новых дощато-гвоздевых пролетных строений в дорожном строительстве Омской области // Сборник «ДОРОГИ И МОСТЫ». М.: Весь Мир, 2008. С. 162–171.
3. Уткин В.А., В.И. Пузиков В.И., Казанцев Б.В., Каретников М.Ю. О применении древесины для строительства мостов // Сборник «ДОРОГИ И МОСТЫ». М.: Издательство «Весь Мир», 2014. С. 127–142.
4. Николаи Б.Л. Теория расчета нагельных сопряжений в деревянных конструкциях. Харьков: ОНТИ, 1935. 65 с.
5. Коченов В.М. Несущая способность элементов и соединений деревянных конструкций. М., 1953. 319 с.
6. Иванов В.Ф. Деревянные конструкции. М.: Стройиздат, 1956. 317 с.
7. Жилкин В.А. Численное исследование деформированного состояния нагельного соединения из древесины сосны // Журнал АПК России. 2014. Т. 70. С. 55–60.
8. Жилкин В.А. Исследование деформированного состояния цилиндрического нагеля в симметричном двухсрезном соединении пластин из древесины // Журнал АПК России. 2015. Т. 71. С. 29–41.
9. Рожко П.П., Кулиш В.И. Исследование несущей способности стальных нагелей в деревобетонных мостах // Труды Хаб. ПИ. 1966. №3. С. 21–26.
10. Кулиш В.И. Исследование работы и расчет на прочность деревожелезобетонных балок // «Строительство железных дорог и эксплуатация пути». Хабаровск: ХаБииЖТ, 1967. С. 120–127.
11. Кулиш В.М. Клеевые деревянные мосты с железобетонной плитой. М.: Транспорт, 1979. 160 с.
12. Дмитриев П.А. Исследование прочности древесины на смятие в отверстиях при кратковременном и длительном действии нагрузки // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1965. №12. С. 165–173.
13. Кормаков Л. И., Валентинавичюс А. Ю. Проектирование клееных деревянных конструкций. Киев: Будівельник, 1983. 152 с.
14. Wiio M., Jutila A., Makipuro R., Salokangas L., Wistbake J. Research project development of wood bridges, literature survey of shear connections of wood-concret composite bridges. Helsinki University of Technology, Laboratory of bridge Engineering, 1994, no.7, p. 14.
15. Клеевые соединения древесины и бетона в строительстве / Шутенко Л.Н., Клименко В.З., Кузнецов Ю.Д., Золотов М.С., Черкасский И.Г., Киев: Будівельник, 1990. 136 с.
16. Haakana P., Jutila A., Rautakorpi H., Salokangas L. Research project development of wood bridges, survey of source documents. Exept of the Finnich Report Survey of background information. Helsinki University of Technology, Laboratory of bridge Engineering, 1993, no. 2, p. 46.
17. Makipuro R., Jutila A., Rautakorpi H., Salokangas L. Research project development of wood bridges, experimental studies of wood-concret shear connections. Helsinki University of Technology, Laboratory of bridge Engineering, 1994, no. 11, p. 26.
18. Стуков В.П. Деревожелезобетонные балочные мосты на автомобильных дорогах. 2-е изд., испр. и доп. изд. Архангельск : 2009. 453 с.
19. Стуков В.П. Деревожелезобетонные балочные мосты : состояние, теория, исследование, проектирование. Архангельск : Сев. (Арктич.) федер. ун-т, 2014. 316 с.

20. Смирнов П.Н. Сравнение методик расчета нагельных соединений деревянных конструкций. Отечественный и зарубежный опыт // Строительная механика и расчет сооружений. 2013. №6. С. 68–72.

21. Смирнов П.Н. Особенности работы нагельных соединений со стальными накладками и прокладками. Методика расчета // Строительная механика и расчет сооружений. 2015. №2. С. 19–25.

22. Ржаницын А.Р. Строительная механика. М.: Высшая школа, 1982. 400 с.

23. Уткин В. А., Синиговская Н. В. Исследование несущей способности составных прогонов с соединениями на глухих цилиндрических нагелях, заземленных в стальных пластинах // Вестник СиБАДИ. 2016. №5 (51). С. 134–145.

REFERENCES

1. Gibshman E.E. *Proektirovanie derevyannykh mostov* [Design of wooden bridges]. Moscow, Transport, 1976. 272 p. (in Russian)

2. Utkin V.A., Puzikov V.I., Kobzev P.N. *Opyt vnedreniya novykh doshchato-gvozdevykh proletnykh stroenij v dorozhnom stroitel'stve Omskoj oblasti* [Experience in the implementation of new board-and-nail structures in the road construction in Omsk region]. *DOROGI I MOSTY*, 2008, pp. 162-171. (in Russian).

3. Utkin V.A., Puzikov V.I., Kazantsev B.V., Karetnikov M.YU. *O primenении drevesiny dlya stroitel'stva mostov* [On the use of wood for bridge construction]. *DOROGI I MOSTY*, 2014, pp. 127-142. (in Russian).

4. Nikolai B.L. *Teoriya rascheta nagel'nykh sopryazhenij v derevyannykh konstruktsiyah* [Theory of calculation of the dowel mates in wooden structures]. Har'kov: ONTI, 1935. 65 p. (in Russian)

5. Kochenov V.M. *Nesushchaya sposobnost' ehlementov i soedinenij derevyannykh konstruktsij* [Bearing capacity of elements and joints of wooden structures]. Moscow, 1953. 319 p. (in Russian)

6. Ivanov V.F. *Derevyannye konstruktsii* [Wooden structure]. Moscow, Strojizdat, 1956. 317 p. (in Russian)

7. ZHilkin V.A. *CHislennoe issledovanie deformirovannogo sostoyaniya nagel'nogo soedineniya iz drevesiny sosny* [Numerical investigation of the strain state of the pin connections from pine wood]. *ZHurnal APK Rossii*, 2014. Vol. 70. Pp. 55-60. (in Russian)

8. ZHilkin V.A. *Issledovanie deformirovannogo sostoyaniya tsilindricheskogo*

nagelya v simmetrichnom dvuhsreznom soedinenii plastin iz drevesiny [Investigation of the strained state of a cylindrical pin in a symmetrical double-shear connection plates wood]. *ZHurnal APK Rossii*, 2015, Vol. 71, pp. 29-41. (in Russian)

9. Rozhko P.P., Kulish V.I. *Issledovanie nesushchej sposobnosti stal'nykh nagelej v derevobetonnykh mostah* [Research of the bearing capacity of the steel pins in wooden concrete bridges]. *Trudy Hab. PI*, 1966, no. 3, pp. 21-26. (in Russian)

10. Kulish V.I. *Issledovanie raboty i raschet na prochnost' derevozhelezobetonnykh balok* [Research of work and strength calculation of wood-concrete beams]. *Stroitel'stvo zheleznykh dorog i ehkspluataciya puti*, 1967, pp. 120-127. (in Russian).

11. Kulish V.M. *Kleenye derevyannye mosty s zhelezobetonno plitoj* [Glued wooden bridges with reinforced concrete slab]. Moscow, Transport, 1979. 160 p. (in Russian)

12. Dmitriev P.A. *Issledovanie prochnosti drevesiny na smyatie v otverstii pri kratkovremennom i dlitel'nom dejstvii nagruzki* [Research of the wood strength to crumple in the hole at short-term and long-term load]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arhitektura*, 1965, no. 12, pp. 165-173. (in Russian).

13. Kormakov L.I., Valentinavichyus A. YU. *Proektirovanie kleenyykh derevyannykh konstrukcij* [Design of glue wooden structures]. Kiev, Budil'nik, 1983. 152 p. (in Russian)

14. Wiio M., Jutila A., Makipuro R., Salokangas L., Wistbaka J. Research project development of wood bridges, literature survey of shear connections of wood-concrete composite bridges. Helsinki University of Technology, Laboratory of bridge Engineering, 1994, no.7, p. 14.

15. *Kleevye soedineniya drevesiny i betona v stroitel'stve* [Adhesive joints of wood and concrete in construction]. SHutenko L.N., Klimenko V.Z., Kuznecov YU.D., Zolotov M.S., CHerkasskij I.G., Kiev, Budil'nik, 1990. 136 p. (in Russian)

16. Haakana P., Jutila A., Rautakorpi H., Salokangas L. Research project development of wood bridges, survey of source documents. Exept of the Finnich Report Survey of background information. Helsinki University of Technology, Laboratory of bridge Engineering, 1993, no. 2, p. 46.

17. Makipuro R., Jutila A., Rautakorpi H., Salokangas L. Research project development of wood bridges, experimental studies of wood-concret shear connections. Helsinki University of Technology, Laboratory of bridge Engineering, 1994, no. 11, p. 26.

18. Stukov V.P. *Derevozhelezobetonnye balochnye mosty na avtomobil'nyh dorogah* [Wood-reinforced concrete beam bridges on roads]. Arhangel'sk, 2009. 453 p. (in Russian)

19. Stukov V.P. *Derevozhelezobetonnye balochnye mosty: sostoyanie, teoriya, issledovanie, proektirovanie* [Wood-concrete beam bridges: state, theory, research, design]. Arhangel'sk, 2014. 316 p. (in Russian)

20. Smirnov P.N. *Sravnenie metodik rascheta nagel'nyh soedinenij derevyannyh konstrukcij. Otechestvennyj i zarubezhnyj opyt* [Comparison of methods of calculation dowel joints of wooden structures. Domestic and foreign experience]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij*, 2013, no. 6. pp. 68-72. (in Russian).

21. Smirnov P.N. *Osobennosti raboty nagel'nyh soedinenij so stal'nymi nakladkami i prokladkami. Metodika rascheta* [Features the work of pin joints with steel plates and gaskets. Method of calculation]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij*, 2015, no. 2. pp. 19-25. (in Russian).

22. Rzhancyn A.R. *Stroitel'naya mekhanika* [Structural mechanics]. Moscow, Vysshaya shkola, 1982. 400 p. (in Russian)

23. Utkin V.A., Sinigovskaya N.V. *Issledovanie nesushchej sposobnosti sostavnyh progonov s soedineniyami na gluhih cilindricheskih nagelyah, zashchemlennyh v stal'nyh plastinah* [Research of bearing capacity of composite girders with connections to the deaf cylindrical pins, clamped in steel plates]. *Vestnik SibADI*, 2016, no 5(51), pp. 134-145 (in Russian).

Поступила 17.07.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Уткин Владимир Александрович – д-р техн. наук, проф. кафедры «Мосты и тоннели» ФГБОУ ВО «СибАДИ», ORCID 0000-0002-2044-3242 (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: prof.utkin@mail.ru).

Кобзев Павел Николаевич – канд. техн. наук, доц. кафедры «Мосты и тоннели» ФГБОУ ВО «СибАДИ», ORCID 0000-0003-0947-6227 (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kpn_omsk@mail.ru).

Шатунова Елена Геннадьевна – магистрант, ИМА, СМ17-МА8 ФГБОУ ВО «СибАДИ», ORCID 0000-0001-9129-7898 (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: lena.25.95@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Utkin Vladimir Alexandrovich – Doctor of Technical Science, Professor of the Bridges and Tunnels Department, Siberian State Automobile and Highway University, ORCID ID 0000-0002-2044-3242 (644080, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: prof.utkin@mail.ru).

Kobzev Pavel Nikolaevich – Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Bridges and Tunnels Department, Siberian State Automobile and Highway University, ORCID ID 0000-0003-0947-6227 (644080, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: kpn_omsk@mail.ru).

Shatunova Elena Gennadievna – Master, IMA, SM17-MA8, Siberian State Automobile and Highway University, ORCID ID 0000-0001-9129-7898 (644080, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: lena.25.95@mail.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Уткин В.А. Формулирование цели, метод исследования, алгоритм расчета.

Кобзев П.Н. Анализ источников, редактирование статьи.

Шатунова Е.Г. Расчет составных прогонов длиной 15 м. Оформление статьи.

AUTHORS CONTRIBUTION

Utkin V.A. Aim formulation, research method, calculation algorithm.

Kobzev P.N. Source analysis, article editing.

Shatunova E.G. Calculation of composite girder with a length of 15 m, article composing.

УДК 691.3

ГАЗОБЕТОН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Е.В. Фомина, В.С. Лесовик, И.В. Лашина

Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Строительные объекты транспортной инфраструктуры имеют различное назначение и отличаются условиями эксплуатации. Актуальной технической задачей является создание оптимального микроклимата для работы человека в ремонтных боксах и административных зданиях, что можно достигнуть за счет использования строительного материала, сочетающего в себе высокие показатели теплозащиты и звукоизоляции, такого как ячеистый бетон автоклавного твердения.

Основная задача, решаемая в рамках работы, направлена на решение вопросов усиления тепло- и звукоизоляционных показателей ячеистого бетона автоклавного твердения.

Материалы и методы. Оценка эффективности применения газобетона основана на исследовании показателей теплозащиты и звукоизоляции. Анализ материала на макро- и микроуровне проводился с применением растровой электронной микроскопии, метода газовой адсорбции. Проведен комплекс экспериментальных и расчетных показателей физико-технических свойств газобетона.

Результаты. Применение аморфизированного алюмосиликатного сырья в газобетоне автоклавного твердения позволило изменять критерии пористой структуры: однородность распределения пор в объеме, толщину межпоровой перегородки, плотность межпоровой перегородки, форму и размер пор. При снижении плотности изделия на 22,5% снижение коэффициента теплопроводности составило 19,26%. Установлено, что формирование ячеистой структуры с преимущественно замкнутыми порами позволяет снизить сорбционную влажность материала, повысить стойкость к сопротивлению паропроницаемости при различных изменениях влажности воздушной окружающей среды. Наличие в структуре газобетона пор различного диаметра с преобладанием мелких пор размером от 0,3 до 0,9 мм, а также пор размером меньше 94,6 нм позволяет повысить индекс изоляции воздушного шума с улучшением показателей поглощения звуковой волны в диапазоне частот 125–4000 Гц и в комплексе способствует достижению высоких звукоизолирующих показателей ограждающих стеновых конструкций.

Обсуждение и заключение. Регулирование теплозвукоизоляционных свойств газобетона за счет оптимизации его пористой структуры позволяет создавать энергоэффективный строительный композит, способный защищать человека от неблагоприятных факторов окружающей среды в условиях транспортных предприятий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ячеистый бетон автоклавного твердения, энергоэффективность, теплопроводность, звукоизоляция, экология.

Исследование выполнено за счет средств Государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы, Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы, в рамках Плана фундаментальных научных исследований Минстроя России и РААСН, тема 7.5.1.; программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова с использованием оборудования на базе Центра Высочайших Технологий, БГТУ им. В.Г. Шухова.

© Е.В. Фомина, В.С. Лесовик, И.В. Лашина



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

GAS CONCRETE FOR CONSTRUCTION OBJECTS OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

E.V. Fomina, V.S. Lesovik, I.V.

Lashina Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov,
Belgorod, Russia

ABSTRACT

Introduction. Construction objects of transport infrastructure have different influence and service conditions. An actual technical task is the design of optimal microclimate for human operation in workshops and office buildings. Therefore, such conditions can be achieved by using of construction material with high parameters of heat- and sound-insulation such as a gas concrete. The main task of the research is the improvement of heat- and sound-insulation in the gas concrete.

Materials and methods. The evaluation of the gas concrete efficiency is based on the research of such parameters as heat- and sound-insulation. The analysis of the material at macro- and micro-level is performed with SEM-analysis and BET-analysis. In addition, the complex of experimental and calculated data of physical and chemical characteristics for gas concrete is carried out.

Results. As a result, the usage of amorphous alum inosilicate raw materials in gas concrete allows variation of parameters to effect on pore structure such as homogeneous pore distribution in bulk, thickness and density of interpore partition, pore shape and pore size. The reduction of aerated concrete density by 22.5 % leads to reducing of heat conductivity by 19.26 %. The formation of cellular structure with mainly closed pores allows reducing of sorption humidity and vapor permeability of material under different environmental humidity.

Differently-sized pores in the gas concrete and predominantly small pores with size of 0.3–0.9 mm as well as with size up to 94,6 nm leads to increasing isolation index of airborne sound due to increasing of absorption of acoustic wave in frequency range of 125–4000 Hz. Complexly, it provides high sound-insulating parameters of wall envelopes.

Discussion and conclusions. Monitoring of heat- and sound-insolation of the gas concrete due to optimization of pore structure allows formation of energy effective composites able to protect humans from unfavorable environment in the transport enterprises.

KEYWORDS: gas concrete, energy efficiency, heat conductivity, sound insulation, ecology.

The research was carried out at the expense of the “Development of Science and Technologies” state program of the Russian Federation for 2013–2020, of the program for basic research of the State Academies of Science for 2013–2020 and as part of the basic research plan of the Ministry of Construction in Russia and the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. The topic number is 7.5.1. Development programs are presented on the basis of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov by using equipment base of the High Technologies Center of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov.

© E.V. Fomina, V.S. Lesovik, I.V. Lashina



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Современная номенклатура строительных изделий должна отвечать повышенным требованиям в соответствии с территориальной расположенностью проектируемого строительного объекта и условиями его эксплуатации. При выборе строительного композита необходимо обеспечить создание системы зданий и сооружений, формирующих пространственную среду, качественную и безопасную для жизни и деятельности людей [1]. Кроме высоких технико-эксплуатационных характеристик, строительный композит должен обладать эстетической ценностью и удовлетворять требованиям развития современной архитектуры [2]. При эксплуатации в условиях агрессивной городской среды материал приобретает свойство «эмерджентности», что при эксплуатации проявляется в его быстром износе, коррозионном разрушении, деформации и разрушении материалов.

Композиты, способные приспосабливаться в условиях их эксплуатации, являются решением экономических и социальных аспектов. В России эти вопросы актуальны при развитии умных городов «Smart City» [3], решения масштабных задач социально-экономического освоения Арктики [4], строительство и ввод в эксплуатацию объектов обороны.

Особые требования предъявляются к строительным композитам, которые применяются при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры (железнодорожных сортировочных станций, депо, диспетчерских, автобусных, троллейбусных и трамвайных парков и т.п.). В этом случае согласно СП 51.13330.2011 для соблюдения санитарно-защитных зон в первую очередь необходимы звукопоглощающие конструкции. Всемирной организацией здравоохранения отмечается, что постоянное воздействие на человека шума громкостью выше 50 дБ вызывает болезни сосудистой системы и повышает риск инфарктов. Среднесуточный суммарный уровень шума в окрестностях транспортных предприятий составляет 50–90 дБ, при этом уровень шума автобусных парков 85–92 дБ, шум от движения трамвая 70–80 дБ.

Одним из приоритетных направлений современного развития мировой экономики является повышение энергоэффективности материалов строительной индустрии, что имеет важное значение и для строительных объектов, обеспечивающих техническую и административную деятельность. При проектировании, создании, модернизации и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры необходимым

фактором также является улучшение технико-экономических показателей зданий путем снижения их веса, материалоемкости и обеспечение необходимых теплозвукоизоляционных свойств для создания оптимального микроклимата, что имеет большое значение в поддержании хорошего самочувствия, работоспособности и здоровья человека [5,6,7]. В условиях существующих жестких требований к энергосбережению и тепловой защите зданий, а также с повышением требований к качеству окружающей среды в эксплуатируемых помещениях оптимальным вариантом конструктивного решения для строительства объектов транспортной инфраструктуры являются блоки из автоклавного ячеистого бетона. На сегодняшний день ячеистый бетон автоклавного твердения уже зарекомендовал себя как универсальный строительный материал, производимый по экологически чистой технологии, благодаря чему входит в концепцию «зеленого строительства» [8,9]. Существенный технический и экономический эффект применения автоклавного ячеистого бетона при строительстве объектов транспортной сферы может быть основан на уникальном сочетании теплозвукоизоляционных свойств. Регулировать теплозвукоизоляционные свойства газобетона возможно за счет изменения пористости, в частности, за счет оптимизации следующих характеристик ячеистой структуры: однородность распределения пористости в объеме материала, толщину межпоровых перегородок, плотность межпоровых перегородок, форму пор, характер внутренней поверхности пор [10, 11].

При регулировании физико-механических показателей строительных композитов важная роль отводится генетическим особенностям сырья, слагающего композит [12,13,14,15]. Современные исследования базируются на получении новых знаний и изучении новых явлений при оценке качества сырья природного и техногенного генезиса, максимального раскрытия его энергетического потенциала [16,17,18,19]. Решение этих вопросов лежит в области трансдисциплинарных исследований в рамках развития научного направления «геоника (геомиметика)». Геоника предполагает системный подход к решению данных проблем в рамках единого преобразования неорганического мира и оптимизации системы «человек – материал – среда обитания» [1, 20,21,22].

По результатам некоторых работ увеличение количества мелких пор (до 1 мкм) и равномерное распределение их различного диаметра по объему материала позволяет повысить эффективность акустических свойств [23, 24].

Однако традиционно выпускаемые материалы не в полной мере удовлетворяют потребностям. Так, в производстве автоклавного ячеистого бетона не всегда удается достичь необходимой пористости и сохранить требуемые прочностные свойства. В связи с этим и с учетом условий его эксплуатации в транспортной инфраструктуре необходимо внедрение новых разработок, направленных на усовершенствование качества теплозвукоизоляции.

В ранее проведенных нами исследованиях была установлена эффективность применения в составе ячеистого бетона автоклавного твердения алюмосиликатных пород. В результате удалось получить конкурентоспособный продукт за счет снижения плотности изделия на 20% и повышении прочности структуры ячеистого композита на 35% [25].

В данной работе будет произведена оценка энергоэффективности полученного ранее материала по теплоизоляционным и звукоизоляционным показателям, что является необходимым при проектировании, реконструкции и ремонте объектов транспортной инфраструктуры, а также позволит расширить области внедрения инновационных разработок строительного материаловедения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцы ячеистых бетонов формовались размером 100×100×100 мм. Автоклавная обработка проводилась при температуре 183°C по режиму: продувка автоклава – 40 мин, подъем давления пара до 10 атм. – 1 ч, вы-

держка при рабочем давлении – 5 ч, снижение давления пара – 2 ч.

Микроструктура образцов изучалась при помощи высокоразрешающего растрового электронного микроскопа (РЭМ) «Хитачи S-800».

Для изучения пористости ячеистого бетона на микроуровне использовали метод газовой адсорбции с использованием прибора SoftSorbi-II ver.1.0.

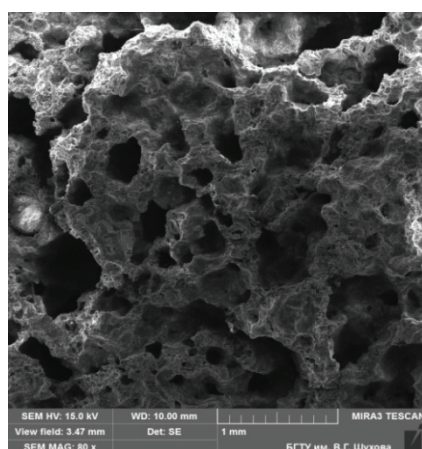
Измерение теплопроводности производили ИТП-МГ4 «Зонд» (СКБ «Стройприбор») методом цилиндрического зонда согласно ГОСТ 30256–94. Паропроницаемость и сорбционную влажность материала измеряли согласно стандартным методикам по ГОСТ 25898–83 и ГОСТ 24816–81.

Определение частотной характеристики звукоизолирующей способности производили при помощи интерферометра [26].

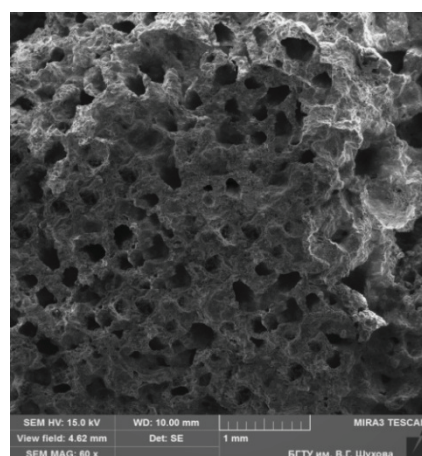
РЕЗУЛЬТАТЫ

За контрольный принят состав бетона, соответствующий марке D500 с классом прочности до B2,5. Состав разработанного ячеистого бетона отличается от контрольного заменой 15% кварцевого песка на алюмосиликатную породу – перлит, – содержащую в своем составе до 80% аморфного кремнезема [16], что позволило снизить плотность изделия на 22,5%, при увеличении прочности на 31%.

При оценке макроструктуры материала, представленной на рисунке 1, очевидны отличия разработанного бетона от традиционного, отмечается образование большего количества



а



б

Рисунок 1 – Макроструктура ячеистых изделий:
а – контрольный газобетон, б – газобетон на алюмосиликатном сырье

Figure 1 – Macrostructure of cellular composites:
a – control gas concrete, b – gas concrete on the basis of aluminosilicate raw materials

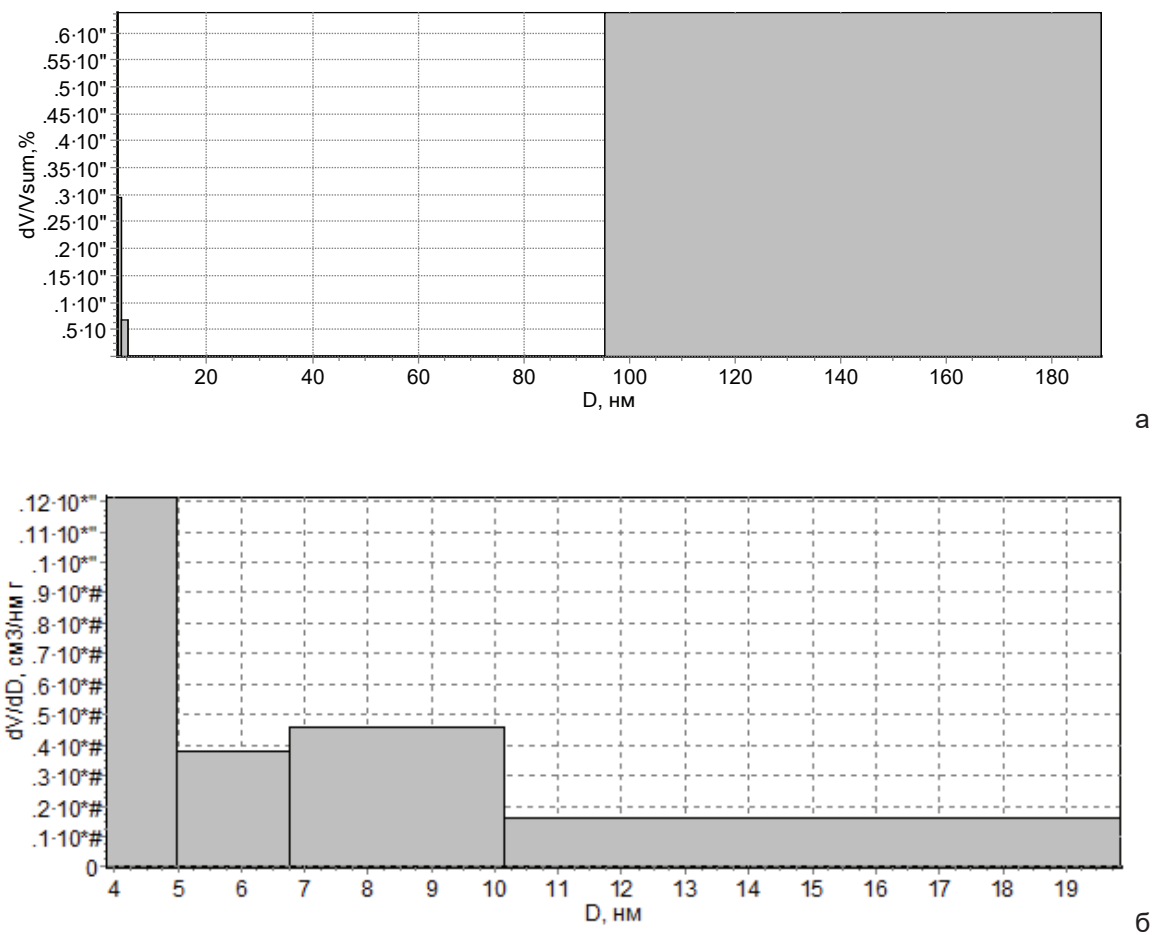


Рисунок 2 – Распределение нанопористости образцов:
а – контрольный газобетон, б – газобетон на алюмосиликатном сырье

Figure 2 – Nanoporosity distribution in:
a – control gas concrete, b – gas concrete on the basis of aluminosilicate raw materials

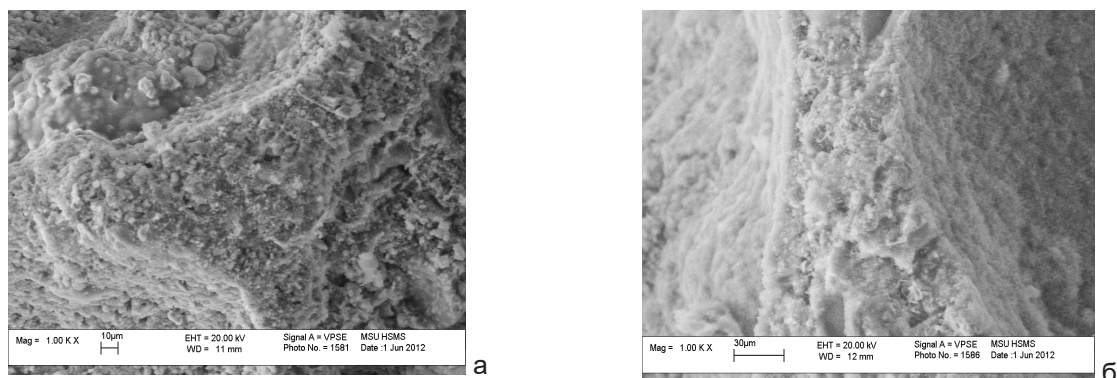


Рисунок 3 – Микроструктура межпоровой перегородки ячеистых изделий:
а – контрольный газобетон, б – газобетон на алюмосиликатном сырье

Figure 3 – Microstructure of inter pore partition in cellular concrete:
a – control gas concrete, b – gas concrete on the basis of aluminosilicate raw materials

замкнутых и равномерно распределенных пор различного диаметра по объему материала. На фоне общего увеличения объема пор образец пронизан микропорами, доминируют мелкие равномерно распределенные поры размером от 0,3 до 0,9 мм (рисунок 1, б).

Согласно анализу распределения пор на микроуровне отмечается увеличение общей пористости материала со сдвигом в область нанометрического диапазона (рисунок 2, б). Так, объем пор с радиусом меньше 94,6 нм в контрольном бетоне составил 0,007 см³/г, в газобетоне на основе алюмосиликатного сырья этот показатель увеличивается до 0,015 см³/г с распределением пор различного диаметра.

Следует отметить, что в газобетоне на алюмосиликатном сырье микроструктура межпоровой перегородки и поверхность пор покрыта плотным слоем новообразований игольчатой морфологии, армирующих структуру в более прочный массив, это позволяет снизить усадочные деформации (рисунок 2, б). Снижение усадочных деформаций вяжущего, повышение плотности межпоровой перегородки и минимизация дефектности структуры позволяет увеличить количество пор по объему бетона с преимущественно замкнутыми округлыми порами.

Строительные объекты транспортной инфраструктуры имеют различное назначение и отличаются условиями эксплуатации, при которых необходимо соблюдать условия оптимального микроклимата. В гаражном боксе при хранении транспорта необходима низкая влажность и постоянная температура, что является необходимым для предотвращения

ускоренной амортизации и развития коррозионных процессов металла. В ремонтных боксах и административных зданиях необходимо создание микроклимата, способствующему хорошему самочувствию, работоспособности и здоровью человека.

Исходя из поставленных задач, в качестве типовых условий эксплуатации строительных объектов транспортной инфраструктуры из разработанного материала производили расчет его теплофизических свойств в сравнении с контрольным газобетоном. Влажность воздуха принимали исходя из значений СНиП III-3-79, которые колеблются в зависимости от климатических сезонных условий для зоны А – 80%, для зоны Б – 97%. Вычисление сорбционной влажности материала в условиях эксплуатации строительных объектов производили согласно построенным изотермам сорбции при средней температуре (19±1)°С согласно ГОСТ 24816–2014.

По результатам расчетов сорбционная влажность газобетона на алюмосиликатном сырье меньше показателей контрольного газобетона. Это можно объяснить созданием ячеистой структуры с преимущественно замкнутыми порами, а также более плотной матрицей поверхности пор (см. рисунки 1,б; 2,б) за счет чего уменьшается количество выступающих активных центров адсорбирующих влагу, что приводит к некоторому снижению сорбции (таблица 1).

В связи с тем что применение ячеистого бетона планируется в наружных ограждениях, ограниченных нормальными режимами кли-

ТАБЛИЦА 1
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ БЕТОНОВ
TABLE 1
PHYSICAL AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE CONCRETE

Изделие	Средняя ³ плотность, кг/м	Прочность, МПа	Теплопроводность, λ Вт/м·°С			Коэффициент паропрони- цаемости бетона μ, мг/(м·ч·Па)	Сорбционная влажность, %	
			в сухом состоянии, λ ₀	Расчетные коэффициенты			при влажности воздуха А	при влажности воздуха Б
				при влаж- ности, λ _А	при влажно- сти, λ _Б			
Контрольный газобетон	562,7	2,72	0,135	0,150	0,163	0,205	1,25	4,20
Газобетон на алюмосили- катном сырье	435,7	3,57	0, 109	0,110	0,111	0,210	1,12	3,98
ГОСТ 31359-2007	500	До 2,5	0,120	—	—	Не менее 0,200		

ТАБЛИЦА 2
РАСЧЕТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ
TABLE 2
CALCULATED VALUES OF THE SOUND INSULATION

Кладка блоков толщиной 200 мм	Индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ	
	Без отделки	Отделка цементно-песчаной штукатуркой 20 мм с двух сторон
Контрольный газобетон	43	54
Газобетон на алюмосиликатном сырье	48	57
СП 23-103-2003	Предельно допустимый для пребывания человека в промышленной зоне 48	

матических изменений, для расчета коэффициентов теплопроводности брались усредненные значения эксплуатационной влажности для зоны А – 1%, для зоны Б – 4%. Расчет теплопроводности производили согласно ГОСТ 54855–2011.

Согласно нормативным требованиям по ГОСТ 31359–2007 для газобетона, соответствующему марке D500 с классом прочности до B2,5, коэффициент паропроницаемости μ должен быть не менее 0,200 мг/(м·ч·Па). Экспериментально полученные значения контрольного бетона, полученного по традиционной технологии $\mu = 0,205$ мг/(м·ч·Па), у разработанного материала на алюмосиликатном сырье сопротивление паропроницанию немного выше $\mu = 0,210$ мг/(м·ч·Па), что обеспечивает ему хорошие теплоизоляционные характеристики с получением более низких показателей теплопроводности фактических и расчетных (см. таблицу 1).

Оценку акустических характеристик конструкции из газобетона на алюмосиликатном сырье определяли согласно ориентировочному расчетному индексу изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями сплошного сечения в соответствии с СП 23-103-2003. По формуле

$$R_w = 37 \cdot \lg(m) + 55 \lg(K) - 43, \text{ дБ},$$

где R_w – индекс изоляции воздушного шума;
 $m = \rho_{\text{кл}} \cdot h$ – поверхностная плотность стены, кг/м²;

$\rho_{\text{кл}}$ – плотность кладки;

h – толщина кладки;

K – коэффициент, учитывающий улучшение звукоизоляции благодаря увеличению изгибной жесткости и внутреннего трения газобетонного ограждения по отношению к контракциям из тяжелого бетона с той же поверхностной

плотностью $k = 1,75$ (коэффициент был вычислен методом интерполяции).

Расчет производили для блока толщиной 200 мм, уложенного в кладку на клей без отделки и с отделкой цементно-песчаной штукатуркой.

Исходя из СП 23-103-2003 требуемая звукоизоляция ограждающих стеновых конструкций, отделяющих защищаемые от воздушного шума рабочие помещения и от помещений с источниками шума, для создания высококомфортных условий – 54 дБ, для комфортных условий – 52 дБ. Согласно расчетным данным, представленным в таблице 2, индекс изоляции воздушного шума разработанного бетона соответствует нормативным показателям. Для усиления звукоизоляции стен и создания высококомфортных условий пребывания человека в рабочих помещениях из разработанного бетона рекомендуется дополнительная отделка цементно-песчаной штукатуркой.

На основании экспериментальных измерений были построены частотные характеристики звукоизоляции, с помощью которых определяли способность материала к задержанию (поглощению) звуковой волны в диапазоне частот 125–4000 Гц.

Установлено повышение коэффициента звукопоглощения газобетона на алюмосиликатном сырье в октавных полосах указанного диапазона частот. Структурная особенность полученного бетона заключается в наличии большого количества пор различного диаметра с преобладанием мелких пор. При прохождении звуковой волны через материал она приводит воздух, заключенный в его порах, в колебательное движение, и мелкие поры создают большее сопротивление, чем крупные, поэтому тормозится движение воздуха и в результате трения часть механической энергии превращается в тепловую [24]. В комплексе

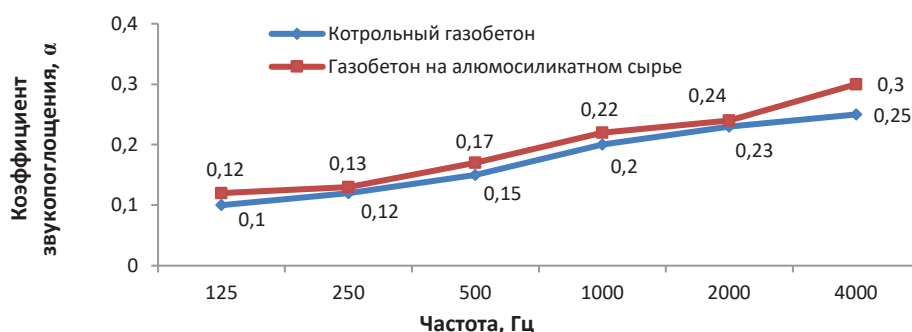


Рисунок 4 – Звукопоглощающие свойства контрольного газобетона и газобетона на алюмосиликатном сырье

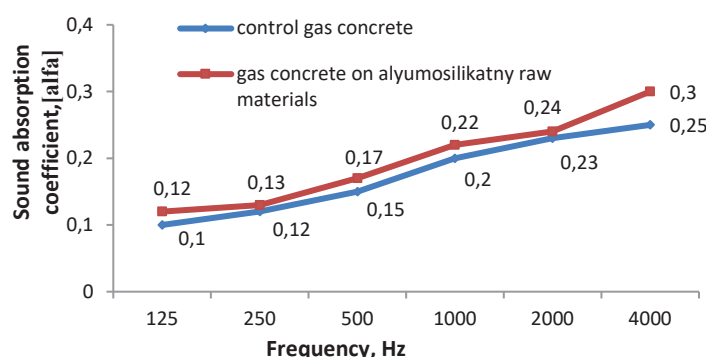


Figure 4 – Sound absorption characteristics for control gas concrete and gas concrete on the basis of aluminosilicate raw materials

это способствует достижению высоких звукоизолирующих показателей разработанного материала.

В совокупности факторов изменение структурных особенностей ячеистого бетона обеспечивает его функциональность при использовании в строительных объектах транспортной инфраструктуры, выполняет все условия современных строительных норм и правил в части требований к тепловой защите зданий в целях экономии энергии и оптимизации микроклимата помещений.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование в структуре газобетона на алюмосиликатном сырье замкнутых пор, равномерно распределенных по объему массива, позволило снизить плотность с 562,7 до 435,7 кг/м³. Армирование микроструктуры кристаллическими новообразованиями преимущественно игольчатой морфологии способствует повышению прочности газобетона,

минимизации дефектности его структуры и позволяет повысить прочность изделия на 31%, снизить сорбционную влажность на 10% и повысить сопротивление паропроницаемости. Получение пор различного диаметра, а также увеличение количества разноразмерных пор на микро- и наноуровне отразилось на снижении коэффициента теплопроводности в различных условиях изменения воздушной влажности окружающей среды, что позволяет рекомендовать его для возведения построек промышленного и складского назначения, гаражные боксы для хранения и мелкого ремонта без дополнительного утепления. Улучшенные акустические характеристики разработанного бетона делают этот материал незаменимым для защиты от воздушного шума работников транспортных предприятий. В совокупности факторов разработанный ячеистый бетон с комплексом усовершенствованных свойств является энергоэффективным и рациональным архитектурно-планировочным решением

при проектировании, создании, модернизации и эксплуатации строительных объектов транспортной инфраструктуры и выполняет все условия современных строительных норм и правил в части требований к тепловой защите зданий в целях экономии энергии и оптимизации микроклимата помещений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении : монография / В.С. Лесовик. 2-е изд., доп. Белгород : Изд-во БГТУ, 2016. 287 с.
2. Кожухова М.И., Фомина Е.В., Фомин А.Е. Фракталы как иерархический принцип организации в строительном материаловедении // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №7. С. 18–23. DOI: 10.12737/article_5b4f02b20be876.03657115
3. Жуковский С.В., Сурков А.А., Кычкин А.В. Аспекты устойчивого развития высокотехнологичной городской среды // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2017. № 1 (25). С. 80–92. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.01.07
4. Из выступления Вице-премьера правительства России Дмитрия Рогозина на международном арктическом форуме «Арктика – территория диалога». 2017 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://forumarctica.ru/news-from/dmitrij-rogozin-otkrytiy-mezhdunarodnyj-arkticheskij-forum-arktiki-territoriya-dialoga/>.
5. Лесовик В.С., Першина И.Л. Медицинский аспект архитектурной геоники – влияние звуков на человека // Вестник физиотерапии и курортологии. 2017. Т. 23. № 4. С. 58–63. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30604211>
6. Fediuk R.S., Yevdokimova Y.G., Smoliakov A.K., Stoyushko N.Y., Lesovik V.S. Use of geonics scientific positions for designing of building composites for protective (fortification) structures // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. Volume 221, Issue 1. 012011. DOI: 10.1088/1755-1315/221/1/012011
7. Rathil S.O., Khandve P.V. 2016. Cost effectiveness of using AAC blocks for building construction in residential building and public buildings // International Journal of Research in Engineering and Technology. Vol. 05, Issue 05. Pp. 517–520. https://www.researchgate.net/publication/292695374_Cost_Effectiveness_of_using_AAC_Blocks_for_Building_Construction
8. Rathil S.O., Khandve P.V. 2015. AAC Block – A New Eco-friendly Material for Construction // International Journal of Advance Engineering and Research Development. Vol. 2, Issue 4. Pp. 410–414. https://www.researchgate.net/publication/281064872_AAC_Block_-_A_New_Eco-friendly_Material_for_Construction
9. Гринфельд Г.И., Вишневский А.А., Смирнова А.С. Производство автоклавного газобетона в России в 2017 году // Строительные материалы. 2018. № 3. С. 62–64. https://elibrary.ru/download/elibrary_32749401_33367593.pdf
10. Жук П.М., Жуков А.Д. Нормативная правовая база экологической оценки строительных материалов : перспективы совершенствования // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 4. С. 52–57. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-4-52-57
11. Fomina E.V., Chulenyov A.S., Kozhukhova N.I. Properties control in auto-clave aerated concrete by choosing of pore forming Al-agent // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 365. 032044. DOI: 1088/1757-899X/365/3/032044
12. Кожухова Н.И. Оценка фазово-размерной гетерогенности алюмосиликатного сырья // сб. докл. III Всерос. научно-технич. конф. «Инновационные материалы и технологии в дизайне». Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения. 2016. С. 57. <https://elibrary.ru/item.asp?id=28185928>
13. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента. Монография. Белгород. Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. 91 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29667223>
14. Fomina E.V., Lesovik V.S., Fomin A.E., Kozhukhova N.I., Lebedev M.S. Quality evaluation of carbonaceous industrial by-products and its effect on properties of autoclave aerated concrete // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 327. 042033. DOI: 10.1088/1757-899X/327/4/042033
15. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса. М.: Изд-во АСВ, 2006. 526 с.
16. Кожухова Н.И., Жерновский И.В., Соколов К.Г. Влияние различий рентгено-аморфной фазы в составе низкокальциевых алю-

мосиликатов на прочностные характеристики геополлимерных систем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 4. С. 4–12. DOI: 10.12737/article_5ac24a276fc102.09159142

17. Shekhovtsova J., Kovtun M., Kearsley E., Zhernovsky I., Kozhukhova N., Zhernovskaya I. Estimation of fly ash reactivity for use in alkali-activated cements – a step towards sustainable building material and waste utilization // Journal of Cleaner Production. 2018. Т. 178. pp. 22–33. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.12.270

18. Алфимова Н.И., Шадский Е.Е., Никифорова Н.А. Эффективность использования органо-минерального модификатора на основе вулканогенно-осадочных пород // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2016. № 2 (17). С. 120–128. <https://elibrary.ru/item.asp?id=26459486>

19. Лесовик В.С., Фомина Е.В. Кристаллогенетические аспекты техногенного метасоматоза в строительном материаловедении // сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию заслуж. деятеля науки РФ, члена-корр. РААСН, д.т.н., проф. В.С. Лесовика «Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства». Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. С. 151–156. <https://elibrary.ru/item.asp?id=26520782>

20. Fediuk R.S., Yevdokimova Y.G., Smoliakov A.K., Stoyushko N.Y., Lesovik V.S. Use of geonics scientific positions for designing of building composites for protective (fortification) structures // VIII International scientific practical conference innovative technologies in engineering. 2017. Vol. 221. UNSP 012011. DOI:10.1088/1757-899X/221/1/012011.

21. Малова Е.Ю., Козлова В.К., Верещагин В.И., Саркисов Ю.С., Горленко Н.П., Павлова А.Н. Геоника: от геохимии деферрита, спуррита и их аналогов к созданию искусственных материалов на основе цементных систем // Ползуновский вестник. 2017. № 1. С. 78–83. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29431978>

22. Верещагин В.И., Рихванов Л.И., Саркисов Ю.С., Асосков Ю.Ф., Смирнов А.А. Синергетические принципы создания строительных и композиционных материалов полифункционального назначения // Известия Томского политехнического университета. 2009. Т. 351. № 3. С. 12–15. <https://elibrary.ru/item.asp?id=13010204>

23. Laukaitis A. Acoustical Properties of Aerated Autoclaved Concrete Article in Applied

Acoustics. 2006. Vol. 67(3). Pp. 284–296. DOI: 10.1016/j.apacoust. 2005.07.003.

24. Вайсера Г.С., Пучка О.В., Лесовик В.С., Бессонов И.В., Алексеев С.В. Влияние влагосодержания, воздухопроницаемости и плотности материала на его звукопоглощающие характеристики // Строительные материалы. 2017. № 6. С. 24–27. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29452557>

25. Фомина Е.В., Жерновский И.В., Строкова В.В. Особенности фазообразования силикатных ячеистых изделий автоклавного твердения с алюмосиликатным сырьем // Строительные материалы. 2012. № 9. С. 38–39. <https://elibrary.ru/item.asp?id=18124619>

26. Радоуцкий В.Ю., Ветрова Ю.В. Теоретические и экспериментальные исследования звукоизолирующей способности теплоизоляционных плит на основе пеностекла // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 45–48. <https://elibrary.ru/item.asp?id=23872759>

REFERENCES

1. Lesovik V.S. *Geonika (geomimetika). Primery realizacii v stroitel'nom materialovedenii*. [Geonics (geomimetics). Examples of realization in construction materials science]. Belgorod: BSTU. 2016. 287 p (in Russian).

2. Kozhukhova M.I., Fomina E.V., Fomin A.E. *Fraktaly kak ierarhicheskij princip organizacii v stroitel'nom materialovedenii* [Fractals as a principle of hierarchical structure formation in construction material science]. *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova*, 2018, no 7, pp. 18–23 (in Russian). DOI: 10.12737/article_5b4f02b-20be876.03657115

3. Zhukovsky S.V., Surkov A.A., Kychkin A.V. *Aspekty ustojchivogo razvitiya vysokotekhnologichnoj gorodskoj sredy* [Aspects of sustainable development of the hi-tech urban environment]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ehkologiya. Urbanistika*, 2017, no 1 (25), pp. 80–92 (in Russian). DOI: 10.15593/2409-5125/2017.01.07

4. From a speech of the Deputy Prime Minister of the Government of the Russian Federation Dmitry Rogozin at the international Arctic forum “Arctic – Territory of Dialogue” 2017 [An electronic resource]. Available at: <http://forumarctica.ru/news-from/dmitrij-rogozin-ot->

kryl-iv-mezhdunarodnyj-arkticheskij-forum-arktika-territoriya-dialoga/. (accesse d: 3.10.2018) (in Russian).

5. Lesovik V.S., Pershina I.L. *Medicinskij aspekt arhitekturnoj geoniki – vliyanie zvukov na cheloveka* [Medical aspect architectural geonicknames – influence of sounds on the person]. *Vestnik fizioterapii i kurortologii*, 2017, T. 23, no 4, pp. 58–63 (in Russian). <https://elibrary.ru/item.asp?id=30604211>

6. Fediuk R.S., Yevdokimova Y.G., Smoliakov A.K., Stoyushko N.Y., Lesovik V.S. Use of geonics scientific positions for designing of building composites for protective (fortification) structures // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017. Vol. 221, Issue 1. 012011. DOI: 10.1088/1755-1315/221/1/012011.

7. Rathil O., Khandve P.V. 2016. Cost effectiveness of using AAC blocks for building construction in residential building and public buildings // International Journal of Research in Engineering and Technology. Vol. 05, Issue 05, pp. 517–520. https://www.researchgate.net/publication/292695374_Cost_Effectiveness_of_using_AAC_Blocks_for_Building_Construction.

8. Rathil S.O., Khandve P.V. 2015. AAC Block – A New Eco-friendly Material for Construction // International Journal of Advance Engineering and Research Development. Vol. 2, Issue 4, pp. 410–414. https://www.researchgate.net/publication/281064872_AAC_Block_-_A_New_Eco-friendly_Material_for_Construction.

9. Grinfeld G.I., Vishnevsky A.A., Smirnova A. S. *Proizvodstvo avtoklavного газобетона в России в 2017 году* [Production of the gas concrete in Russia in 2017]. *Stroitel'nye Materialy*, 2018, no 3, pp. 62–64 (in Russian). https://elibrary.ru/download/elibrary_32749401_33367593.pdf.

10. Zhuk P.M., Zhukov A.D. *Normativnaya pravovaya baza ehkologicheskoy ocenki stroitel'nyh materialov: perspektivy sovershenstvovaniya* [Regulatory legal base of ecological assessment of construction materials: prospects of improvement]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2018, T. 22, no 4, pp. 52–57 (in Russian). DOI: 10.18412/1816-0395-2018-4-52-57.

11. Fomina E.V., Chulenyov A.S., Kozhukhova N.I. Properties control in auto-clave aerated concrete by choosing of pore forming Al-agent // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 365. 03204410. DOI: 1088/1757-899X/365/3/032044.

12. Kozhukhova N.I. *Ocenka fazovo-razmernoj geterogennosti alyumosilikatnogo*

syr'ya [Assessment of phase and dimensional heterogeneity of alyumosilikatny raw materials]. The international scientific and practical conference *Innovacionnye materialy i tekhnologii v dizajne* [Innovative materials and technologies in design]. St. Petersburg state institute of cinema and television. 2016. Page 57 (in Russian). <https://elibrary.ru/item.asp?id=28185928>.

13. Alfimova N.I., Lesovik V.S., Glagolev E.S., Vishnevskaya Ya.Yu. *Optimizaciya uslovij tverdeniya kompozicionnyh vyazhushchih s uchetom genezisa kremnezemsoderzhashchego komponenta* [Optimization of conditions of curing composite knitting taking into account genesis of a kremnezemsoderzhashchy component]. Monograph. Belgorod. BGTU publishing house of V.G. Shukhov. 2016. 91 p. (in Russian). <https://elibrary.ru/item.asp?id=29667223>.

14. Fomina E.V., Lesovik V.S., Fomin A.E., Kozhukhova N.I., Lebedev M.S. Quality evaluation of carbonaceous industrial by-products and its effect on properties of autoclave aerated concrete // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 327. 042033. DOI: 10.1088/1757-899X/327/4/042033.

15. Lesovik V.S. *Povyshenie ehffektivnosti proizvodstva stroitel'nyh materialov s uchetom genezisa* [Enhancement of efficiency of construction materials production taking into account genesis of applied rocks]. Scientific publication. 2006. Moscow: ACB, 526 p. (in Russian).

16. Kozhukhova N.I., Zhernovsky I.V., Sobolev K.G. *Vliyanie razlichij rentgeno-amorfnoy fazy v sostave nizkokal'cievyh alyumosilikatov na prochnostnye harakteristiki geopolimernyh sistem* [Influence of distinctions of a X-ray-amorphous phase as a part of low-calcic aluminosilicates on strength characteristics of geopolymeric systems]. *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova*, 2018, no 4, pp. 4–12 (in Russian). DOI: 10.12737/article_5ac24a276fc102.09159142.

17. Shekhovtsova J., Kovtun M., Kearsley E., Zhernovsky I., Kozhukhova N., Zhernovskaya I. Estimation of fly ash reactivity for use in alkali-activated cements – a step towards sustainable building material and waste utilization // Journal of Cleaner Production. 2018. T. 178. pp. 22–33. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.12.270.

18. Alfimova N.I., Shadsky E.E., Nikiforova N.A. *Ehffektivnost' ispol'zovaniya organo-mineral'nogo modifikatora na osnove vulkanogenno-osadochnykh porod* [Efficiency of the organo-mineral modifier usage on the basis of volcanogenic and sedimentary breeds]. *Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'*,

2016, no 2 (17), pp. 120–128 (in Russian). <https://elibrary.ru/item.asp?id=26459486>.

19. Lesovik V.S., Fomina E.V. *Kristallogeneticheskie aspekty tekhnogenogo metasomatoza v stroitel'nom materialovedenii* [Crystal and genetically aspects of a technogenic metasomatic in construction materials science]. The international scientific and practical conference devoted to the 70 anniversary of the honored worker of science of the Russian Federation, the corresponding member of PAACH, the Doctor of Engineering, prof. V. S. Lesovik. *Intellectual'nye stroitel'nye kompozity dlya zelenogo stroitel'stva* [Intellectual construction composites for green construction]. Belgorod: BGTU of V.G. Shukhov. 2016. pp. 151–156 (in Russian). <https://elibrary.ru/item.asp?id=26520782>.

20. Fediuk R.S., Yevdokimova Y.G., Smoliakov A.K., Stoyushko N.Y., Lesovik V.S. Use of geonics scientific positions for designing of building composites for protective (fortification) structures // VIII International scientific practical conference innovative technologies in engineering. 2017. Vol. 221. UNSP 012011. DOI:10.1088/1757-899X/221/1/012011.

21. Malova E.Yu., Kozlova V.K., Vereshchagin V.I., Sarkisov Yu.S., Gorlenko N.P., Pavlova of A.N. *Geonika: ot geohimii defernita, spurrita i ih analogov k sozdaniyu iskusstvennykh materialov na osnove cementnykh sistem* [Genic: from geochemistry of the defernit, the spurred and their analogs to creation of artificial materials on the basis of cement systems]. *Polzunovskiy vestnik*, 2017, no 1, pp. 78–83 (in Russian). <https://elibrary.ru/item.asp?id=29431978>.

22. Vereshchagin V.I., Rikhvanov L.I., Sarkisov Yu.S., Asoskov Yu.F., Smirnov A.A. *Sinergeticheskie principy sozdaniya stroitel'nykh i kompozitsionnykh materialov polifunktsional'nogo naznacheniya* [Synergetic principles of creation of construction and composite materials of multifunctional appointment]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*, 2009, T. 351. no 3, pp. 12–15 (in Russian). <https://elibrary.ru/item.asp?id=13010204>.

23. Laukaitis A. Acoustical Properties of Aerated Autoclaved Concrete Article in Applied Acoustics. 2006. Vol. 67(3). pp. 284–296. DOI: 10.1016/j.apacoust.2005.07.003.

24. Waiser G.S., Bunch O.V., Lesovik V.S., Bessonov I.V., Alekseev S.V. *Vliyanie vlagosoderzhaniya, vozduhopronicaemosti i plotnosti materiala na ego zvukopogloshchayushchie harakteristiki* [Influence of moisture content, air permeability and density of material on its

sound-absorbing characteristics]. *Stroitel'nye Materialy*, 2017, no 6, pp. 24–27 (in Russian). <https://elibrary.ru/item.asp?id=29452557>.

25. Fomina E.V., Zhernovsky I.V., Strokov V.V. *Osobennosti fazoobrazovaniya silikatnykh yacheistyykh izdeliy avtoklavnogo tverdeniya s alyumosilikatnym syr'em* [Features of a fazoobrazovaniye of silicate cellular products of autoclave curing with aluminosilicate raw materials]. *Stroitel'nye Materialy*, 2012, no 9, pp. 38–39 (in Russian). <https://elibrary.ru/item.asp?id=18124619>.

26. Radoutsky V.Yu., Vetrova Yu.V. *Teoreticheskie i ehksperimental'nye issledovaniya zvukoizoliruyushchej sposobnosti teploizolyatsionnykh plit na osnove penostekla* [Theoretical and pilot studies of the soundproofing ability of heat-insulating plates on the basis of foamglass]. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova*, 2015, no 5, pp. 45–48 (in Russian). <https://elibrary.ru/item.asp?id=23872759>.

Поступила 13.09.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Фомина Екатерина Викторовна – канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-0542-0963, WoS ResearcherID T-3215-2018, Scopus AuthorID 55857656600, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова), (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, e-mail: fomina.katerina@mail.ru).

Лесовик Валерий Станиславович – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой, Scopus AuthorID 55887733300, WoS ResearcherID A-4757-2016, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова), (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46. E-mail: naukavs@mail.ru).

Лашина Ирина Владимировна – аспирант, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова), (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46. E-mail: lashina.irishka@yandex.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Fomina Ekaterina Victorovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, ORCID 0000-0003-0542-0963, WoS Researcher ID T-3215-2018, Scopus Author ID 55857656600, Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov (308012, Russia, Belgorod, 46, Kostyukova St., e-mail: fo-mina.katerina@mail.ru).

Lesovik Valery Stanislavovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department, Scopus Author ID 55887733300, WoS Researcher ID A-4757-2016, Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov (308012, Russia, Belgorod, 46, Kostyukova St., e-mail: naukavs@mail.ru).

Lashina Irina Vladimirovna – Graduate Student, Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov (308012, Russia, Belgorod, 46, Kostyukova St., e-mail: lashina.irishka@yandex.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Каждый автор внес равную долю участия в теоретические и экспериментальные разделы статьи.

AUTHORS CONTRIBUTION

Each author has equal share to theoretical and experimental sections of the paper.

РАЗДЕЛ IV. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 314.7

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КАК СОСТАВНОЙ ЭЛЕМЕНТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

В.В. Карпов, К.В. Петренко
Омский научный центр СО РАН,
г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье рассматриваются подходы к определению одной из важнейших характеристик региональной экономической безопасности – демографическому потенциалу. Правильная трактовка этого понятия позволяет сделать мониторинг и разработать политические постулаты действий, направленных на совершенствование социально-экономических основ демографических процессов. Перечень намеченных мероприятий, построенный в соответствии с уточненным содержанием понятия «демографический потенциал», адекватный реально существующим качественным и количественным характеристикам населения, позволит избежать кризисных ситуаций в экономике и социальной сфере региона.

Материалы и методы. Исследование подходов к определению демографического потенциала, его роли в формировании трудового потенциала территорий показали отсутствие единых методических основ оценки и прогнозирования процессов формирования демографического потенциала для разных иерархических уровней управления. Необходимость рассмотрения понятия демографического потенциала продиктована повышенным вниманием к потенциальной демографии, с одной стороны, как к научному направлению, обусловленному изучением внутренней динамики и инерционности процессов воспроизводства населения, а с другой – как к проблеме, имеющей практическую значимость в части обеспечения воспроизводства трудового потенциала регионов.

Результаты. Результаты исследования показали наличие в научном обиходе большого количества подходов и формулировок понятия «демографический потенциал», которые обусловлены разными теоретико-методологическими подходами к раскрытию содержания демографических процессов в зависимости от целей исследования. По мнению авторов, на современном этапе развития регионов России необходимы корректировки в режиме воспроизводства трудового потенциала по причинам резкого усиления оттока населения, особенно сибирских регионов. Демографический потенциал как экономическая категория требует в этих условиях повышенного внимания как ученых, так и властных структур. Он является основой для раскрытия потайных возможностей гарантирования численности населения по многим демографическим характеристикам.

Заключение. Анализ и решение проблем воспроизводства трудового потенциала выходит в настоящее время на передовые позиции обеспечения экономической безопасности регионов. Обеспечить это без наличия и правильного понимания содержания и условий формирования демографического потенциала в условиях интенсивного миграционного обмена между сибирскими и европейскими территориями страны не представляется возможным.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экономическая безопасность, трудовой потенциал, демографический потенциал, регион, демография, процесс, понятие.

Работа выполнена по государственному заданию ОНЦ СО РАН в соответствии с Программой ФНИ ГАН на 2013–2020 годы по направлению XI.174, проект № XI.174.1.7 (номер госрегистрации в системе ЕГИСУ НИОКТР АААА-А17-117041210229-2).

© В.В. Карпов, К.В. Петренко



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DEMOGRAPHIC POTENTIAL AS A COMPONENT ELEMENT OF ECONOMIC SECURITY IN THE REGION

V.V. Karpov, K.V. Petrenko
OSC SB RAS, Omsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. The article examines approaches to determining one of the most important characteristics of regional economic security - demographic potential. The correct interpretation of this concept makes it possible to monitor and develop political postulates of actions aimed at improving the socio-economic bases of demographic processes. The list of planned activities, built in accordance with the specified content of the concept of "demographic potential", is adequate to the existing qualitative and quantitative characteristics of the population and would avoid crisis situations in the economy and social sphere of the region.

Materials and methods. The study of approaches to determining the demographic potential and its role in the formation of the labor potential of the territories, show the absence of unified methodological bases for estimating and predicting the processes of forming the demographic potential for different hierarchical levels of government. Moreover, the need to consider the concept of demographic potential is dictated by the increased attention to potential demography, on the one hand, as a scientific direction, conditioned by the study of internal dynamics and inertia of the population reproduction processes, and on the other hand, as a problem having practical significance in ensuring the functioning of regional employment opportunities for people.

Results. As a result, the research demonstrates the presence of a large number of approaches and formulations of the "demographic potential" concept, which are conditioned by different theoretical and methodological approaches to disclosure of the demographic processes content depending on the research objectives. According to the authors, at the current level of regional qualification of Russia, adjustments are needed in the mode of the labor potential reproduction due to the sharp increase in the outflow of population, especially in the Siberian regions. Demographic potential as an economic category requires in such conditions the increased attention of scientists and also political structures. It is the basis for the identification of hidden opportunities to provide population and population structure for different demographic characteristics.

Discussion and conclusions. The analysis and solution of the problems of the labor potential reproduction is now at the forefront of ensuring economic security of the regions. To ensure such problems is not possible without the presence and proper understanding of the content and conditions for the formation of the demographic potential in conditions of intensive migration between the Siberian and European territories of the country.

KEYWORDS: economic security, labor potential, demographic potential, region, demography, process, concept.

The work was carried out according to the state task of the Omsk Scientific Center SB RAS (project registration number AAAA-A17-117041210229-2).

© V.V. Karpov, K.V. Petrenko



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования демографического потенциала определяется его жесткой взаимозависимостью с трудовым потенциалом, который в свою очередь является *одной из важнейших характеристик региональной экономической безопасности*. Демографический потенциал определяет совокупную способность населения региона к постоянному возобновлению поколений. Это обуславливает возможности развития государства не только с экономической точки зрения, но и с позиций национальной безопасности государства.

Цель данного исследования состоит в уточнении основополагающих моментов в трактовке понятия демографического потенциала как экономической категории, определяющей реально протекающие региональные демографические процессы на современном этапе развития страны.

Задачей исследования является выявление возможностей методологических подходов в отображении воздействия мгновенно множеством критериев на производительные возможности людей и трудовой потенциал как *одну из важнейших характеристик региональной экономической безопасности*.

На современном этапе развития страны растет исследовательский интерес к изучению демографических процессов и, в частности, к понятийному аппарату, раскрывающему содержание методической базы для оценки трудового и демографического потенциала. Данное исследование основывается на них и дополняет в части уточнения понятия демографического потенциала.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ

В ходе исследования использовались общенаучный междисциплинарный подход к изучению, способы познания социально-экономического развития, сопоставительного и логического анализа, обобщения. Теоретической и методологической основой исследования послужили труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные исследованию проблем развития трудового и демографического потенциала, публикации в периодической печати, материалы научно-практических конференций.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Повышение конкурентоспособности государства, а также проведение модернизации экономики страны и обеспечение её экономической безопасности [1]. Отрицательное воздействие на характер воспроизводства самого демографического потенциала оказала смена форм собственности, последствия перехода государства к рыночным отношениям. Во многих регионах это обусловило возникновение таких ситуаций, когда ухудшается качество трудового потенциала и не обеспечивается его воспроизводство. В связи с этим решение существующей проблемы воспроизводства демографического, а также трудового потенциала имеет достаточно большое значение как для властных структур, так и для исследователей. При этом здесь накладывается миграция населения страны из разных сибирских регионов в европейские, ухудшающая профессионально-квалификационную и половозрастную структуру общества. Важным является тот факт, что в экономическом развитии государства приоритеты ориентированы непосредственно на повышение значимости инновационной составляющей для увеличения уровня конкурентоспособности экономики. Данный подход требует повышенного качества демографического потенциала.

Совокупность вышеуказанных факторов, которые возможно расширить при необходимости, влияет на содержание самого понятия «демографический потенциал». Анализ достаточно большого числа разных трактовок данного термина определил тот факт, что немногие из имеющихся определений отражают влияние совокупности определенных факторов на воспроизводственный потенциал. Разные авторы формируют собственное понятие на базе характеристик или одного демографического показателя, например, репродуктивного потенциала населения, инерции демографического роста и так далее. Важно отметить, что представленные характеристики могут рассматриваться в качестве комбинированных долей демографического потенциала, но это не означает, что они не взаимосвязаны.

В современных исследованиях есть много работ, затрагивающих содержательный аспект потенциальной демографии, но нет

научных работ, обобщающих все подходы и методики, при том что постоянно происходит коррекция результатов по рождаемости и смертности. При исследовании предшествующих работ, посвященных репродуктивному потенциалу, были выявлены несколько моделей, которые не укладываются в классические каноны.

Универсальное определение термина «демографический потенциал» в соответствующих энциклопедических источниках не приводится. Часто в специализированной литературе^{1, 2, 3} этот термин раскрывается либо частично, либо поверхностно.

Резюмируя теоретические подходы к трактовке понятия «демографический потенциал общества», выявлена проблема, обусловленная сложностью реализации современной теоретико-методологической основы, определяющей реализацию мер, нацеленных на улучшение демографической ситуации в стране.

Вместе с тем демографический и трудовой потенциал – универсальное понятие, встречающиеся часто в научной литературе. Подавляющее большинство исследователей относятся к трудовому и демографическому потенциалу как к одному целому, поскольку при проведении оценки демографический потенциал является основой для потенциала трудового.

При этом категория «демографический потенциал» в исследованиях многих авторов находит свое развитие [2, 3]. В данном случае выделяются несколько основных трактовок:

1. Демографический потенциал имеет экономическую ценность в разрезе определенного набора мотиваций, способностей, навыков и знаний человека. Рост демографического потенциала может быть осуществлен через миграцию населения, образование людей, воспитание и рождение детей и др., а уменьшение обусловлено негативными изменениями моральных и физических состояний людей.

2. Условия формирования человека как личности и положительные изменения численности населения определяют демографический потенциал территориальной экономи-

ки. Его содержание зависит от уровня жизни, объема ВВП на душу населения, средней продолжительности жизни и грамотности.

3. Рассмотрение демографического потенциала в качестве идеологической базы осуществляется тогда, когда качественный и количественный потенциал воспроизводства определяет условия и цели развития общества и государства.

Такие понятия, как человеческий потенциал и капитал являются идентичными демографическому потенциалу, но путать их нельзя, так как это не одно и то же.

4. Существует подход, который определяет демографический потенциал непосредственно через способность населения того или иного региона к воспроизводству, то есть к возобновлению поколений, в том числе включая миграцию, смерть и рождение. При этом базис демографического потенциала определяется на основе следующих взаимосвязанных компонентов: демографическое поведение населения, структура населения, численность населения в регионе. Различные элементы демографического потенциала зависят и определяются социально-экономическими условиями, которые приводят к изменению количественных и качественных характеристик населения региона [4, с. 6]. Демографический потенциал – это отдельный инструмент, определяющий способности жителей региона к воспроизводству.

5. Демографический потенциал государства соответствует численности населения. При таком подходе демографический потенциал раскрывается определенными показателями: демографическое старение, численность и воспроизводство населения, пенсионное обеспечение, ожидаемый период жизни и возрастная структура, жизненный потенциал, прогнозы роста населения, миграционный прирост [5].

На данном этапе развития демографической науки изучение понятия «демографический потенциал» можно охарактеризовать достаточно существенной проработкой существующих теоретических положений, не только на региональном уровне, но и в целом демографического потенциала воспроизводства общества. Определены базовые подхо-

¹ Демографический понятийный словарь / под ред. Л. Л. Рыбаковского. М.: ЦСП, 2003. 352 с.

² Народонаселение: энциклопедический словарь / гл. ред. Г. Г. Меликьян. М.: 1994. 640 с.

³ Демографический энциклопедический словарь / гл. ред. Д. И. Валентей. М.: Сов. Энциклопедия, 1985. 608 с.

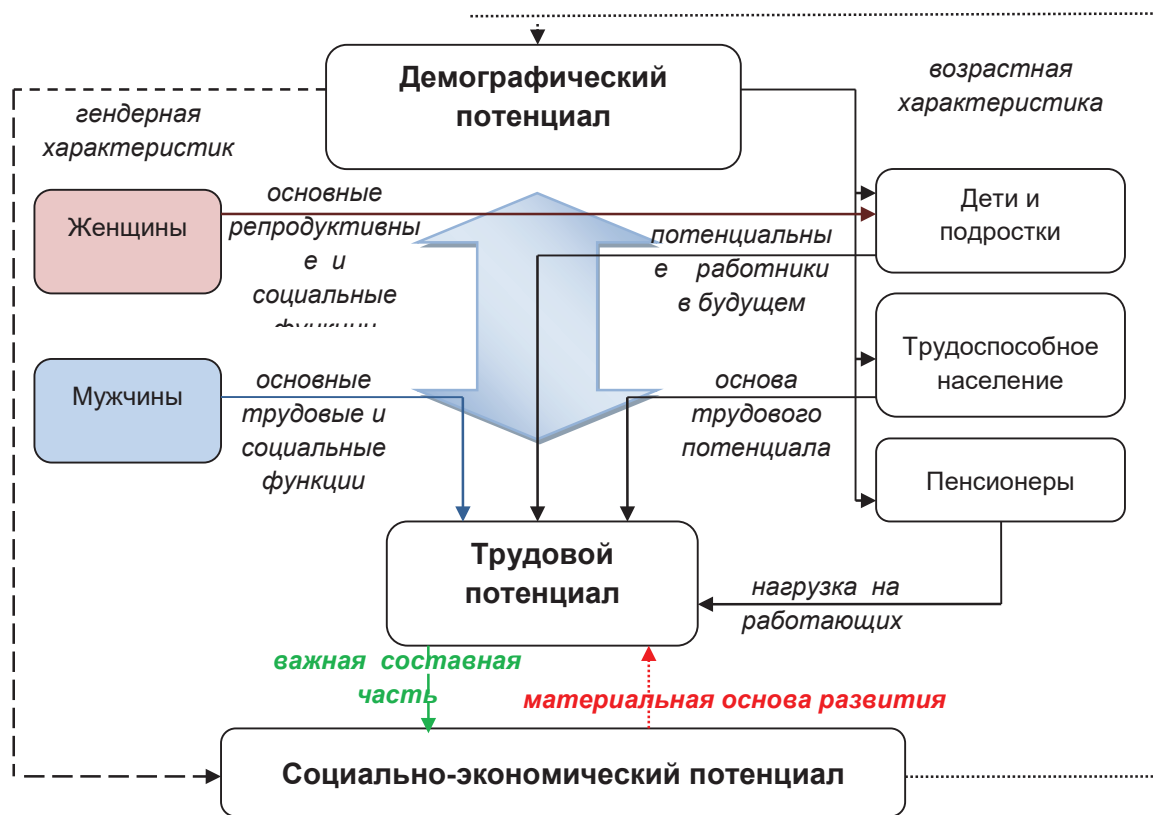


Рисунок 1 – Демографический и социально-экономический потенциал общества (составлено авторами)

Figure 1 – Demographic and socio-economic potentials of society (compiled by the authors)

ды, внимание на которых заострить необходимо.

Первый базовый подход характеризует подходы к продуктивному процессу развития демографического потенциала в регионе на основе сопоставительного рассмотрения всевозможных демографических тенденций в определенных районах страны и за рубежом. Выявлены тенденции развития демографического потенциала в зависимости от состояния других потенциалов: культурного, образовательного, квалификационного, профессионального, миграционного в совокупности с региональными условиями. Рекомендуется раскрытие условий взаимодействия социально-экономического и демографического потенциала (рисунок 1) [6, с. 24–30].

В результате проведенного анализа концепции потенциальной демографии, а также существующих подходов зарубежных и отечественных авторов в качестве ключево-

го понятия демографического потенциала можно рассматривать следующее утверждение: демографический потенциал является выражением взаимозависимости изменения численности некоторых социально-экономических групп и численности всех жителей территории с динамикой воспроизводства поколений.

Этот подход раскрывает данный потенциал в виде «демовоспроизводственного», то есть учет рождаемости (потенциал репродуктивный) и смертности (потенциал жизненный), учет взаимосвязи этих процессов и явлений.

Выраженный через структуру демографический потенциал как совокупность определенных дифференцированных компонент деятельности способностей общества принимает во внимание такие понятия, как возможности и ресурсы:

- субъективная компонента: демографи-

ческое поведение и менталитет, возможности различных уровней власти и населения использовать существующие ресурсы для улучшения демографической ситуации в целом;

- *объективная компонента*: численность всего населения и социально-демографических групп в отдельности, состояние воспроизводства социально-демографических групп и населения, структура и причины смертности населения, уровень рождаемости, состояние здоровья;

- *ресурсы*: конкретные, действительные с возможностями применения;

- *возможности*: овециствленные, выявленные, раскрывшиеся, сформированные.⁴

Рассмотрение научно-методических работ [7, 8, 9, 10]⁵ определило, что большая часть существующих методик не уделяет необходимого внимания именно качественной оценке потенциала, а ключевое значение имеют непосредственно количественные методы расчета числа выбывших и прибывших, родившихся, число разводов, число умерших, количество браков и так далее.

Важно обратить внимание, что повышенное внимание к инновационной составляющей экономического развития предъявляет дополнительные требования к качественной стороне демографического потенциала населения, при этом расчет различных качественных характеристик должен осуществляться с учетом уровня влияния каждого из имеющихся факторов развития и формирования демографического потенциала.

В настоящее время степень влияния внешней среды, образа жизни, здравоохранения, генетики человека на здоровье пересматривается. Факторы имеют достаточно сложную взаимосвязь и являются более дифференцированными.

Данная проблема может быть решена с помощью выбора методического подхода к всесторонней и комплексной оценке разных социально-экономических факторов, определяющих демографический потенциал. Важно отметить, что концептуальная модель этого подхода содержит:

- наличие телефонов доверия, общедоступные данные о спортивных, лечебных, оздоровительных комплексах, данные о неблагоприятных результатах всевозможных вредных привычек, о правильном питании и другие;

- создание массива определенной информации на основе анализа обстоятельств, затрагивающих содержание потенциала;

- информационные элементы: распространение семейных ценностей, здорового образа жизни и выполнение физических упражнений;

- обоснование и классификацию объективных и субъективных факторов;

- рассмотрение здоровья и семьи в качестве ценности жизни;

- формирование процесса корректных сопоставлений;

- уровень защищенности семьи и личности;

- мониторинг развития спорта и физической культуры в регионах;

- поведенческие факторы: поддержание и формирование социальных связей, полноценный отдых, правильное питание, своевременность лечения заболеваний;

- анализ существующего социально-демографического развития с помощью изучения статистических показателей;

- исследование физиологических аспектов: средний возраст населения, здоровье молодежи и детей, уровень долголетия, репродуктивное здоровье, количество экономически активного населения;

- определение корреляции между развитием физической культуры и ключевыми демографическими показателями;

- наличие культурной, социально-бытовой, транспортной инфраструктуры;

- оценка показателей: уровень безопасности населения, благополучия, образованности, медицинского обслуживания, здравоохранения, трудоустройства;

- экологическая ситуация в районах проживания;

- развитие институтов культуры.

⁴ Игошев М. В. Развитие демографического потенциала региона на основе совершенствования управления сферой физической культуры и спорта : автореф. дис. ... канд. экон. наук. Екатеринбург, 2011. 23 с.

⁵ Рыбаковский О.Л., Судоплатова В.С. Миграционный потенциал населения России в Средней Азии. С. 455–457 // Миграционные мосты в Евразии : материалы VII международной научно-практической конференции "Роль трудовой миграции в социально-экономическом и демографическом развитии посылающих и принимающих стран (Москва – Ставрополь, 13-18 октября 2015 года) / под ред. чл.-корр. РАН Рязанцева С.В. М.: Изд-во «Экон-Информ», 2015. 499 с. ISBN 978-5-9907300-2-1

Кроме вышеуказанных факторов, большое значение имеют факторы институциональные. При этом в первую группу этих факторов входят институты, которые формируют социальные механизмы развития и формирования отношений среди людей, определяющие вовлеченность этих людей в репродуктивные процессы:

- институт общественного мнения, который транслирует социальный заказ и учреждает примеры социальных норм;
- институт социальных сетей, регулирующий содействие и формирование контактов в сетях межличностного отношения;
- институт семьи и брака, обуславливающий продолжение рода, согласований обязанностей внутри семьи и т.п.

В конечном итоге деятельность вышеуказанных институтов затрагивает межличностные коммуникации и внутрисемейные взаимодействия.

Следующая группа содержит в себе институты, отвечающие за создание и проверку экономических стимулов создания семьи. Примерами подобных институтов могут быть: институт государственной поддержки, определяющий осуществление влияния государства в процедуре воспроизводства семьи, и институт занятости, обуславливающий финансовые результаты и благосостояние семьи. Примером экономического фактора является институт кредита⁶.

Необходимо отметить, что основные источники благосостояния семьи, оказывающие воздействие на рождаемость, имеют явное отношение к функционированию институтов, которые были указаны выше⁷. При этом результаты анализа институциональных причин дают возможность выявить меры, ориентированные на повышение репродуктивных установок общества:

- изменение системы здравоохранения;
- распространение информации о социальном заказе;
- повышение уровня и эффективности социального найма;

- разработка и осуществление программы материальной помощи семьям;
- развитие основ брака.

Перечисленные и иные методы позволяют создавать основу для увеличения рождаемости, причем результаты зависят от правильного учета социально-экономических условий и инструментов реализации намеченных мероприятий.

Третью группу составляют институты, реализующие интеграцию индивидов в определенные социально-экономические группы, предоставляющие возможности реализации подходов к какой-либо социальной структуре (при этом эти структуры должны предоставлять условия, которые являются необходимыми для самореализации, а также саморазвития):

- институт бытового обслуживания предоставляет возможности в отношении организации быта семьи;
- институт культуры предоставляет открытый доступ к рекреационным ресурсам культурно-развивающим;
- институт здравоохранения даёт публичный доступ к образовательным услугам;
- институт образования организует образовательные программы индивидов.

Итог рассмотрения взаимодействия этих институтов выявил корреляцию демографического потенциала через совместный уровень трудовой активности, здоровья населения, уровня смертности, репродуктивных установок.

Опросы отдельных групп населения помогли сформировать вывод о том, что самосохранительные установки личности и семьи очень важны для создания у населения демографического поведения. Следует отметить, что в процессе демографического перехода трансформируется сама структура причин разных заболеваний и смертности, прослеживается зависимость качества жизни общества от субъективных, а также объективных факторов. Одним из специфических элементов самосохранительного поведения человека как одного из ключевых факторов

⁶ Рыбаковский О.Л. Доклад « Временная трудовая и возвратная миграция как потенциал пополнения численности населения России» Доклад на конференции «Миграционные мосты в Евразии: модели эффективного управления миграцией в условиях развития евразийского интеграционного проекта», 28–29 ноября 2017 г., Москва.

⁷ Сукнева С. А. Демографический потенциал воспроизводства населения северного региона (на примере Республики Саха (Якутия)) : автореф. дис. ... д-ра экон. наук. М., 2011. 43 с.

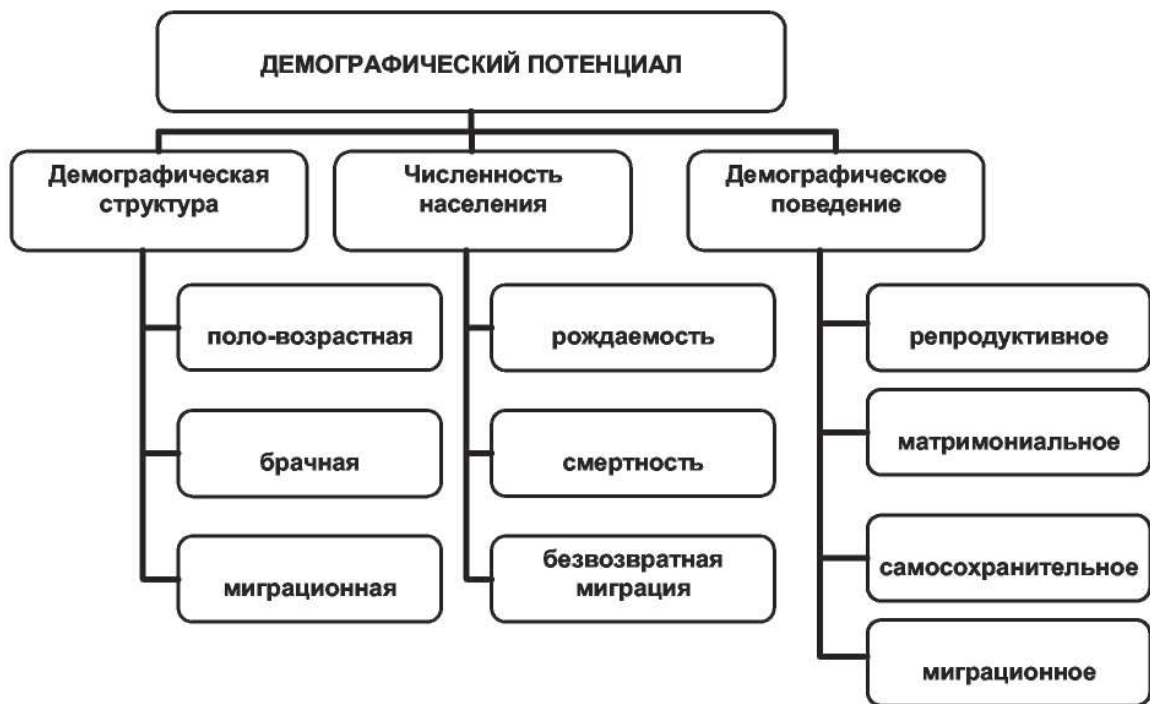


Рисунок 2 – Структура демографического потенциала
(составлено авторами)

Figure 2 – Structure of the demographic potential
(compiled by the authors)

демографического потенциала выступает развитие спорта и физической культуры⁸.

Есть направление, анализирующее демографический потенциал в рамках воспроизводства населения региона. Согласно этому направлению демографические процессы подвержены влиянию следующих показателей – структуре и численности людей, где главную важность имеют установки и поведение населения. Важно отметить, что демографическое поведение выражается в процессе рассмотрения решения о расторжении или вступлении в брак, миграции, рождении ребенка и так далее. Каждое следующее поколение меняет стандарты демографического поведения, при этом делается акцент на разные региональные особенности.

Базу формирования воспроизводственного потенциала составляют следующие факторы: демографическое поведение, структура и численность населения (рисунок 2) [11, с. 16].

Так как демографический потенциал проявляется через демографические процессы, которые имеют место в том или ином регионе, то и поведенческий, и структурный факторы формирования воздействуют только на будущие демографические процессы. При этом будущая интенсивность происходящих демографических процессов определяется поведенческими установками населения и существующей структурой населения.

Для сибирских регионов особым фактором, кроме рождаемости и смертности, вы-

⁸ Рыбаковский О.Л., Судоплатова В.С. Миграционный потенциал населения России в Средней Азии. С. 455–457 // Миграционные мосты в Евразии: материалы VII международной научно-практической конференции "Роль трудовой миграции в социально-экономическом и демографическом развитии посылающих и принимающих стран (Москва – Ставрополь, 13–18 октября 2015 года) / под ред. чл.-корр. РАН Рязанцева С.В. М.: Изд-во «Экон-Информ», 2015. 499 с. ISBN 978-5-9907300-2-1

ступает безвозвратная миграция. В связи с этим можно сделать вывод, что восстановление и смена поколений является результатом безвозвратных переселений, рождений и смертей. Усиленный миграционный обмен сибирских регионов выявляет главную роль миграции в изменении населения в разных временных периодах в сопоставлении с естественным приростом.

Можно сделать вывод, что «заложенные в структуре, определяемые демографическим поведением населения совокупные способности к воспроизводству» можно рассматривать как демографический потенциал воспроизводства населения той или иной земли [11, с. 105–111]. При этом демографические процессы в регионе определяются политикой социально-экономического развития, демографическим поведением и структурой населения⁹.

Важно отметить, что динамика демографического потенциала в достаточно большой степени зависит от значимости конкретных факторов для изменения демографического потенциала воспроизводства [10].

При этом факторы, которые формируют демографический потенциал, также характеризуются определенными специальными индикаторами: демографической структурой, демографическим поведением, численностью населения. В данном случае индикатором численности выступает вклад миграционного и естественного прироста в формирование населения и динамику.

Демографическая структура характеризует миграционный, брачный и возрастно-половой состав населения. Индикатор степени миграционной активности характеризуется долей новоселов, старожилов и местных уроженцев в составе населения региона. Показателем брачной структуры выступает доля женщин и мужчин, которые в браке никогда не состояли к 25–29 годам. Возрастно-половая структура определяется количеством мужчин на 1 тыс. женщин, а также возрастно-половыми пирамидами общества и коэффициентом старения.

Демографическое поведение населения практически определяет развитие процесса создания демографического потенциала. Матримониальное поведение объясняется очередностью развода и брака, возрас-

том расторжения брака и создания брака, временем безбрачного промежутка между браками и временем до создания брака. Репродуктивное поведение характеризуется тем, сколько детей мы хотим и тем, какое положение дети будут занимать в системе жизненных приоритетов, причинами, препятствующими или благоприятствующими появлению детей.

Характеристика самосохранительного поведения основывается на том, сколько мы хотим прожить, какого образа жизни мы будем придерживаться и как поддерживать свое здоровье.

Миграционное поведение обусловлено положительными и отрицательными сторонами территории проживания и количеством возможных мигрантов.

Индикаторы демографического потенциала показывают разницу между общим и истинным показателями естественного прироста, эффективностью естественного воспроизводства, расчетного суммарного показателя рождаемости, альтернативного прогноза численности, возрастно-половой структуры и коэффициентов воспроизводства населения.

Соотношение подлинного и обобщенного коэффициентов естественного прироста характеризует размер демографического потенциала для воспроизводства населения. Если остаётся некий уровень естественного прироста при не положительных результатах истинного коэффициента естественного прироста, то это значит, что существует демографический потенциал. Уменьшение (увеличение) демографического потенциала воспроизводства населения из-за безвозвратной миграции представляется в виде динамики расчетного суммарного коэффициента рождаемости, обязательного для выполнения условия обеспечения нулевого прироста. Вместе с тем нельзя упускать из вида тот факт, что динамика коэффициентов интенсивности миграционного прироста и итогового показателя рождаемости несовместимы.

Обобщающим показателем формирования демографического потенциала выступает демографический прогноз, позволяющий производить анализ в прогнозном периоде изменения показателей рождаемости, смерт-

⁹ Сукнева С. А. Демографический потенциал воспроизводства населения северного региона (на примере Республики Саха (Якутия)): автореф. дис. ... д-ра экон. наук. М., 2011. 43 с.

ности и безвозвратной миграции, заложенные в прогнозные сценарии¹⁰.

Рассмотрение различных индикаторов демографического потенциала дает возможность оценивать качество прогнозных гипотез и уточнять их в отношении рождаемости, смертности и миграции [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги проведенного комплексного анализа понятия демографического потенциала, а также подходов к его формированию и оценке, можно сделать вывод о важности правильной трактовки этого понятия для объективной оценки возможных сценариев развития демографической ситуации при изменениях рождаемости, смертности и миграции, в том числе интегральных характеристиках данных изменений. Расчеты прогнозных оценок могут служить основой и инструментами для создания результативной региональной социально-демографической политики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бурцев Ю.А. Влияние демографии на экономическую безопасность // Транспортное дело России. 2017. № 1. С. 36–37.
2. Романов М.Т. О демографическом потенциале России как факторе экономического роста // Таможенная политика России на Дальнем Востоке. 2015. № 2 (71). С. 54–64.
3. Ходыкина А.И., Реутов Н.Н. Демографический потенциал как основа устойчивого развития региона // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2017. № 2 (65). С. 139–142.
4. Сукнева С. А. Демографический потенциал развития населения северного региона. – Новосибирск: Наука, 2010. 168 с.
5. Рыбаковский О.Л., Судоплатова В.С., Таюнова О.А. Потенциал снижения смертности населения России // Социологические исследования. 2017. № 3. С. 29–42.
6. Игошев М.В., Мингалева Ж.А. Формирование современного демографического потенциала как основа структурной модернизации экономики // Российское предпринимательство. 2011. № 2 (1). С. 24–30.
7. Демографические контуры регионов России / под ред. Л. Л. Рыбаковского. М.: Экон-Информ, 2009. 176 с.

8. Рыбаковский О.Л., Судоплатова В.С., Таюнова О.А. Вопросы оценки миграционного потенциала // Научное обозрение. Серия 1. Экономика и право. 2015. № 3. С. 29–33.

9. Судоплатова В.С., Таюнова О.А., Фадеева Т.А. Потенциал роста рождаемости населения России // European Social Science Journal (Европейский журнал социальных наук). 2015. № 7. С. 106–110.

10. Рыбаковский О.Л., Таюнова О.А. Структура иммиграционного потенциала населения России // Научное обозрение, научно-аналитический журнал. Серия 2. Гуманитарные науки. 2015. №2. С. 38–43.

11. Фаузер В. В. Оценка демографического и трудового потенциалов Республики Коми // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2010. С. 105–111.

12. Демографическая политика: оценка эффективности / ред. сост. А. Г. Гришанова. М.: Экон-Информ, 2008. 76 с.

REFERENCES

1. Burcev Ju.A. Vlijanie demografii na jekonomicheskiju bezopasnost' [Influence of demography on economic security]. *Transportnoe delo Rossii*, 2017, no 1, pp. 36–37. (in Russian)
2. Romanov M.T. O demograficheskom potenciale Rossii kak faktore jekonomicheskogo rosta [About the demographic potential of Russia as a factor of economic growth]. *Tamozhenaja politika Rossii na Dal'nem Vostoke*, 2015, no 2 (71), pp. 54–64. (in Russian)
3. Hodykina A.I., Reutov N.N. Demograficheskij potencial kak osnova ustojchivogo razvitija regiona [Demographic potential as a basis for the sustainable development of the region]. *Jekonomika i menedzhment innovacionnyh tehnologij*, 2017, no 2 (65). pp. 139–142. (in Russian)
4. Sukneva S.A. *Demograficheskij potencial razvitija naselenija severnogo regiona* [The demographic potential of the development of the population of the northern region]. Novosibirsk: Nauka, 2010. 168 p. (in Russian)
5. Rybakovskij O.L., Sudoplatova V.S., Tajunova O.A. Potencial snizhenija smernosti naselenija Rossii [The potential to reduce mor-

¹⁰ Сукнева С. А. Демографический потенциал воспроизводства населения северного региона (на примере Республики Саха (Якутия)): автореф. дис. ... докт. экон. наук. М., 2011. 43 с.

tality in Russia]. *Sociologicheskie issledovaniya*, 2017, no 3, pp. 29–42. (in Russian)

6. Igoshev M.V., Mingaleva Zh.A. Formirovanie sovremennogo demograficheskogo potenciala kak osnova strukturnoj modernizacii jeconomiki [Formation of a modern demographic potential as a basis for structural modernization of the economy]. *Rossijskoe predprinimatel'stvo*, 2011, no 2 (1), pp. 24–30. (in Russian)

7. *Demograficheskie kontury regionov Rossii* [Demographic contours of the regions of Russia]. pod red. L. L. Rybakovskogo. Moscow, Jekon-Inform, 2009. 176 p. (in Russian)

8. Rybakovskij O.L., Sudoplatova V.S., Tajunova O.A. Voprosy ocenki migracionnogo potenciala [Assessment of migration potential]. *Nauchnoe obozrenie. Serija 1. Jekonomika i pravo*, 2015, no 3, pp. 29–33. (in Russian)

9. Sudoplatova V.S., Tajunova O.A., Fadeeva T.A. Potencial rosta rozhdaemosti naselenija Rossii, *European Social Science Journal (Evropejskij zhurnal social'nyh nauk)*, 2015, no 7, pp. 106–110. (in Russian)

10. Rybakovskij O.L., Tajunova O.A. Struktura immigracionnogo potenciala naselenija Rossii [The structure of the immigration potential of the population of Russia]. *Nauchnoe obozrenie, nauchno-analiticheskij zhurnal, Serija 2. Gumanitarnye nauki*, 2015, no 2, pp. 38–43. (in Russian)

11. Fauzer V.V. Ocenka demograficheskogo i trudovogo potencialov Respubliki Komi [Evaluation of the demographic and labor potentials of the Komi Republic]. *Izvestija Komi nauchno-go centra Ural'skogo otdelenija Rossijskoj akademii nauk*, Syktyvkar: Komi nauchnyj centr UrO RAN, 2010, pp. 105–111. (in Russian)

12. *Demograficheskaja politika: ocenka jeffektivnosti* [Demographic policy: performance evaluation]. red. sost. A. G. Grishanova. Moscow, Jekon-Inform, 2008. 76 p. (in Russian)

Поступила 03.08.2018 , принята к публикации 19.10.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Карпов Валерий Васильевич – д-р экон. наук, проф., ORCID 0000-0002-1472-4873, Author ID (Scopus) 57199325170, Researcher ID C-3801-2017. Председатель Омского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук (ОНЦ СО РАН). (644024, г. Омск пр. К.Маркса, 15, e-mail: Karpov-V51@yandex.ru). Проф. кафедры финансов и кредита Омского филиала Финансового университета при Правительстве РФ (г. Омск, ул. Партизанская, 6, e-mail: Karpov-V51@yandex.ru).

Петренко Константин Викторович – д-р экон. наук, ведущий инженер сектора методов исследования проблем развития регионов Омского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук (ОНЦ СО РАН) ORCID 0000-0001-6182-3957 (г. Омск, пр. К.Маркса, 15, e-mail: adm@oscsbras.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Karpov V.V. – Doctor of Economics, Professor, ORCID 0000-0002-1472-4873, Author ID (Scopus) 57199325170, Researcher ID C-3801-2017, Chairman of the Omsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (OSC SB RAS) (644024, Omsk-24, 15, Karl Marx Ave., e-mail: Karpov-V51@yandex.ru), Professor of the Department of Finance and Credit of Omsk Branch of the Finance University under the Government of the Russian Federation (Omsk-99, 6, Partizanskaya St., e-mail: Karpov-V51@yandex.ru).

Petrenko K.V. – Doctor of Economics, Leading Engineer of the Research Methods Sector of Regional Development of Omsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ONC SB RAS) ORCID 0000-0001-6182-3957 (Omsk-24, 15, K. Marx Ave., e-mail: adm@oscsbras.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Карпов В.В. Постановка исследовательской проблемы, обзор литературы, классификация понятийного аппарата. Оценка влияния трактовок демографического потенциала на содержание региональной социально-демографической политики.

Петренко К.В. Анализ терминов и понятий. Формирование структуры демографического потенциала и характеристика его взаимосвязей и взаимовлияния с различными демографическими индикаторами.

AUTHORS CONTRIBUTION

Karpov V.V. The formulation of the research problem, a review of the literature,

the classification of the conceptual apparatus. The evaluation of the impact of interpretation of the demographic potential on the content of regional socio-demographic policy.

Petrenko K.V. The terms and concepts analysis. The structure formation of the demographic potential and the characteristics of its interrelations and interaction with various demographic indicators.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ТРУДОВЫХ ОТНОШЕНИЙ КРУПНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ

Е.Ю. Легчилина

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

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье рассмотрены организационно-институциональные аспекты и принципы построения социально-трудовых отношений крупной экономической системы, что обусловлено актуальностью и противоречивостью научных взглядов при решении проблем в процессах трансформации социально-трудовых отношений в современной экономике.

Материалы и методы. При проведении исследования использовались научные материалы зарубежных и отечественных ученых. В качестве методологии исследования автор применял системно-аксиологический подход на основе комбинации ряда научных методов, таких как аналитический, институциональный, системный. При рассмотрении организационно-институциональных аспектов построения социально-трудовых отношений применялась концепция коэволюции.

Областью исследования явились организационно-институциональные проблемы проектирования новой системы социально-трудовых отношений в период трансформации.

Выводы. Автор предложил четыре группы принципов, таких как принцип динамического соответствия ценностным ориентациям стейкхолдеров и целям крупной экономической системы, принцип сетевизации на основе институциональной необходимости, принцип баланса экономической и социальной эффективности в системе социально-трудовых отношений, гибкости и трансформируемости системы социально-трудовых отношений на основе коэволюционной обусловленности, которые ориентированы на построение новой системы социально-трудовых отношений на основе системно-аксиологического подхода и направленных на снижение противоречий в системе.

Результаты. Данные исследования могут служить концептуальной основой при проектировании системы социально-трудовых отношений крупной экономической системы, а также разработки стратегии социально-экономического развития корпораций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: социально-трудовые отношения, системно-аксиологический подход, корпоративная сеть ценностей, баланс экономической и социальной эффективности, трансформация социально-трудовых отношений.

© Е.Ю. Легчилина



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ORGANIZATIONAL AND INSTITUTIONAL ASPECTS AND PRINCIPLES OF THE SOCIAL AND LABOR RELATIONS' CONSTRUCTION IN LARGE ECONOMIC SYSTEMS UNDER TRANSFORMATION CONDITIONS

E.Yu. Legchilina

Omsk State University of Railway Transport,
Omsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. The paper deals with organizational and institutional aspects and principles of building social and labor relations of the large economic system. Such research is determined by the urgency and contradictory of scientific views by solving problems in the transformation processes of the social and labor relations in the modern economy.

Materials and methods. Scientific materials of foreign and domestic scientists are used in the research. The author applies the system-axiological approach on the basis of the scientific methods' combination, such as analytical, institutional and systemic. In addition, the concept of co-evolution is applied while considering organizational and institutional aspects of building social and labor relations.

The organizational and institutional problems of designing a new system of social and labor relations during the transformation period are discussed in the paper.

Conclusions. The author proposes four groups of principles, such as the principle of dynamic correspondence to value orientations of stakeholders and the goals of a large economic system, the principle of network based on institutional need, the principle of the balance of economic and social efficiency in the system of social and labor relations, the principle of flexibility and transformability of the social and labor relations' system on the basis of co-evolution.

Therefore. The results could serve as the conceptual basis for the design of the social and labor relations in large economic system, as well as the strategy for the socio-economic development of corporations.

KEYWORDS: social and labor relations, system-axiological approach, corporate value network, balance of economic and social efficiency, transformation of social and labor relations.

© E.Yu. Legchilina



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время социально-трудовые отношения в крупных экономических системах являются предметом активных обсуждений в научной среде. Существуют различные подходы к развитию, трансформации и формированию социально-трудовых отношений (далее СТО) в условиях динамизма и турбулентности инноваций (технологий), следует отметить их противоречивость и неоднозначность, что обусловлено, с нашей точки зрения, многоаспектностью, междисциплинарностью и значимостью социально-трудовых отношений.

Многие аспекты трансформации СТО нашли отражение в трудах российских и зарубежных ученых В. С. Половинко [1], Г. Ю. Ивлевой [2], Е. Г. Калабиной [3], Л. В. Беззубко, Е. В. Нехода, [4] Р. А. Долженко [5], Т. А. Медведьевой [6], Cushen J. [7], Chahestani F. J., Fazel A., Mirjafari S. A [8], и др. Наблюдается плюрализм исследований в области аксиологических аспектов в трудовых отношениях в научных трудах (В. С. Магун [9], Н. В. Родионова [10], С. Долан, С. Гарсия [11], Joe Isaacs, Joel E Cutcher-Gershenfeld, Howe J. [12] и др.). Несмотря на многочисленные труды в сфере социально-трудовых отношений сохраняются противоречия и проблемы. К числу основных противоречий, например, можно отнести ряд действующих институтов в системе СТО, которые направлены на реализацию классических подходов к трудовым отношениям, не всегда соответствующих требованиям крупной экономической системы. Так, можно выделить значительный дисбаланс между ценностными ориентациями и потребностями субъектов трудовых отношений в институциональных основах, регламентирующих социально-трудовые отношения, что приводит к оппортунизму среди субъектов СТО и, соответственно, к росту издержек в деятельности организации.

По мнению автора, в условиях трансформации СТО противоречия в сфере трудовых отношений необходимо выявлять и преодолевать (уменьшать, исключать), проектируя (формируя) наиболее оптимальные сети системы социально-трудовых отношений на основе междисциплинарного комплексного подхода (аксиологического, институционального, системного).

Целью настоящей статьи является рассмотрение организационно-институциональных аспектов построения социально-трудовых отношений в крупных экономических системах в условиях трансформации на основе системно-аксиологического подхода.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании широко использованы материалы и научные публикации зарубежных и отечественных авторов. Методология исследования построена на основе комплексного системно-аксиологического подхода, кроме того, социально-трудовые отношения рассматривались с точки зрения синтеза институционального [13] и коэволюционного [14] подходов, предполагающих развитие взаимодействующих элементов как единой институциональной системы при сохранении целостности (в том числе как общий результат воздействия факторов окружающей среды и институциональных эффектов).

В данном исследовании под системой социально-трудовых отношений понимается сетевая система неоднородных связей, включающая множество стейкхолдеров и имеющая определенную координацию отношений между ними, способную трансформироваться [15]. Следует отметить актуальность стейкхолдерского подхода в исследовании социально-трудовых отношений, что определяется развитием многообразия форм социально-трудовых отношений и соответственно приводит к расширению заинтересованных сторон, субъектов и участников СТО, выступающих как носителями обособленных интересов, так и владельцами определенных ресурсов. (В работе стейкхолдеры рассматриваются в соответствии с ISO 26 000, с точки зрения заинтересованных сторон).

Рабочая гипотеза исследования заключается в необходимости и возможности применения системно-аксиологического подхода при построении сетевой системы социально-трудовых отношений крупных экономических систем на основе организационно-институциональных принципов, позволяющих спроектировать необходимую конфигурацию системы СТО, снижая противоречия в системе и обеспечивая механизмы развития системы СТО.

Крупную экономическую систему определим как сложную структурную многоуровневую организацию, которая создается с целью удовлетворения потребностей, имеющую многоступенчатую иерархическую структуру, способную к саморегулированию. (К крупным экономическим системам относятся транспортные, инфраструктурные, промышленные, финансовые (банковские) холдинги (корпорации), а также другие подобные организации).

Автор рассматривает трансформацию СТО как процесс построения новой сети социально-трудовых отношений на основе формиро-

вания (изменения) корпоративных сетей ценностей, обуславливающих трансформацию ценностной ориентации субъектов системы СТО [15]. Сам процесс трансформации СТО, с нашей точки зрения, включает такие этапы, как разрушение старой системы СТО, проектирование (построение) новой системы СТО, адаптацию новой системы СТО, внедрение новой системы СТО → переход в подсистему функционирования СТО.

Предметом данного исследования является стадия проектирования новой системы СТО с учетом организационно-институциональных аспектов и принципов построения новой системы социально-трудовых отношений крупных экономических систем в условиях трансформации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследование стадии проектирования системы СТО в процессе трансформации СТО обуславливает необходимость выделения принципов построения системы социально-трудовых отношений.

Проведенный автором анализ существующих принципов построения СТО, таких как солидарность и субсидиарность; «господство - подчинение»; равноправное партнерство; конфликт, конфликтное сотрудничество; конфликтное соперничество, дискриминация и т.п., показал, что большинство принципов системы СТО ориентированы только на отношения между работодателем и работником или на отношения между работниками, не учитывающие системно-аксиологические свойства СТО, что послужило основой для разработки принципов построения СТО. Под принципами построения системы СТО рассматриваем конкретно ориентированные организационно-институциональные правила, нормы и рекомендации, на основе которых планируется построение системы СТО.

В соответствии с определением понятий «социально-трудовых отношений» и «трансформации СТО» автором предлагаются следующие принципы построения системы СТО:

- 1) динамического соответствия ценностным ориентациям стейкхолдеров и целям крупной экономической системой;
- 2) сетевизации системы СТО на основе институциональной необходимости;
- 3) баланса экономической и социальной эффективности в системе СТО;
- 4) гибкости и трансформируемости системы СТО на основе коэволюционной обусловленности.

Рассмотрим выделенные принципы более подробно.

1. Принцип динамического соответствия ценностным ориентациям стейкхолдеров и целям крупной экономической системы (корпоративные сети ценностей) определяет целевые характеристики системы СТО и обеспечивает построение и функционирование системы СТО. Введение данного принципа продиктовано следующими обстоятельствами.

С одной стороны, аксиологический аспект является системно- и смыслообразующим фактором в процессах построения системы СТО, что может определять поведение работников в организации на рабочих местах [16]. В этом аспекте мы рассматриваем создание корпоративных сетей ценностей [17, 18] на основе балансировки индивидуальных и «общественных» ценностей, способствующих формированию нужного мотивационного поля у работников в соответствии с целевыми ориентирами экономической системы. С другой стороны, исследование системы социально-трудовых отношений как сложной системы вызывает необходимость проектирования системы СТО как целеполагающей и как обеспечивающей достижение целей экономической системы. Кроме того, аспект динамичности в социально-трудовых отношениях связан с постоянными изменениями во внешней и соответственно во внутренней среде экономической системы, что обуславливает динамику отношений и ценностей стейкхолдеров СТО.

Автором предлагается при проектировании системы СТО все многообразие ценностей, возникающих в социально-трудовых отношениях, разделить на три группы и встроить их в систему корпоративных сетей ценностей: «отношение к труду», «трудовое поведение» и «результативность труда». На рисунке 1 показана реализация динамического соответствия ценностным ориентациям стейкхолдеров и целям экономической системы.

При проектировании группы ценностей «отношение к труду» нужно сформировать соответствие базовых ценностей индивида, необходимых для выполнения работ на рабочем месте (например, профессионализм, безопасность, бережливость, ответственность, время (пунктуальность), темп, скорость, репутация и т.п.), целям крупной экономической системы. В данном случае динамическое соответствие означает то, что ценности индивида, входящие в состав корпоративных сетей ценностей, должны быть согласованы с целями организации, выступающие в качестве ресурса, кото-

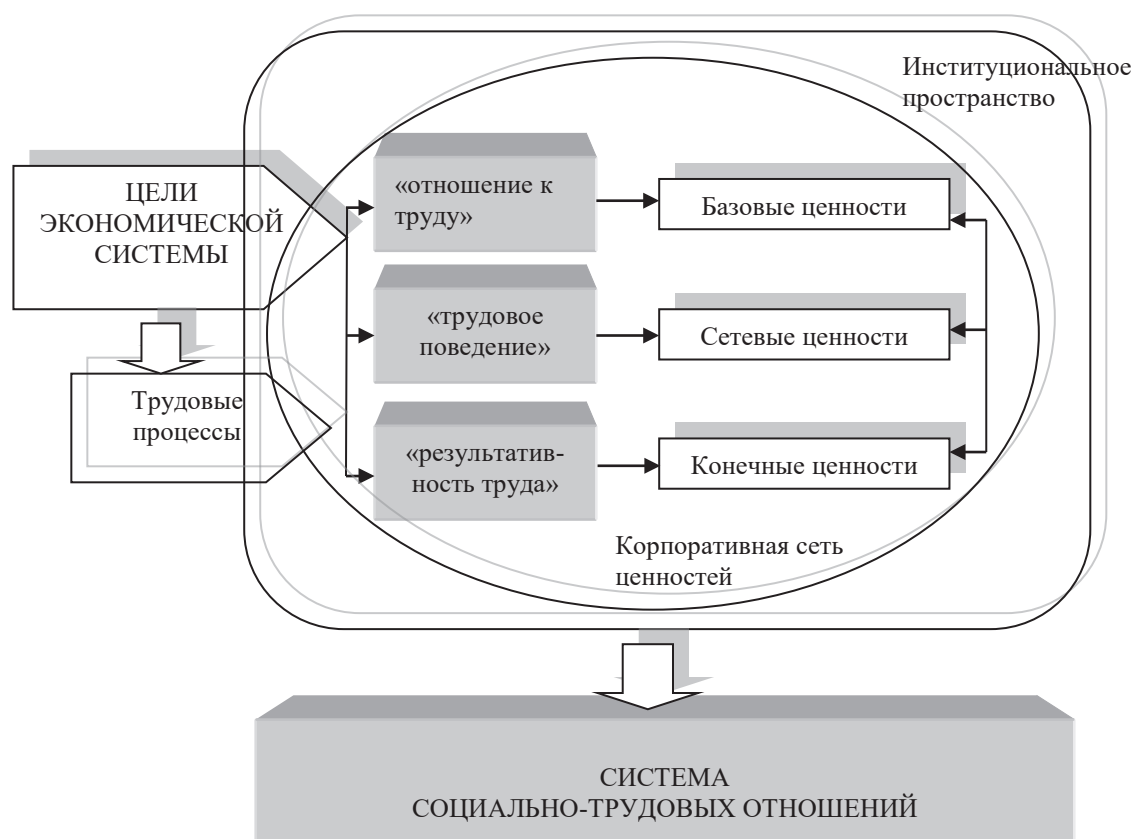


Рисунок 1 – Реализация принципа динамического соответствия ценностным ориентациям стейкхолдеров и целям крупной экономической системы

Figure 1 – Implementation of the dynamic compliance principle with the value orientations of stakeholders and the goals of large economic system (compiled by the author)

Источник: составлено автором

рые необходимы для достижения целей экономической системы.

В группе ценностей «трудовое поведение» динамическое соответствие ценностным ориентациям стейкхолдеров и целям крупной экономической системы раскрывается как функциональная и динамическая способность системы СТО соответствовать целевым ориентирам экономической системы через социальные (неявные и неформализуемые) взаимосвязи, взаимодействия, в том числе через соответствие трудовым процессам посредством создания механизмов формирования организационных и корпоративных ценностей в соответствии с содержанием и организацией труда, способствующих формированию необходимой сети корпоративных ценностей (например, «интересная работа», интерес сам по себе, безотносительно к уров-

ню и способам оплаты) → «развитие компании (бизнеса)» (овладение новыми методами труда).

В группе «результативность труда» формируются так называемые «конечные ценности» (это те ценности, к которым работник стремится на протяжении трудовой деятельности в социально-трудовых отношениях), необходимые для достижения определенного результата (например, качество, стабильность, целостность, единство, благосостояние работника, репутация, открытость и т.п.), и определяются как ключевая способность системы достигать целей. Для чего необходимо создание механизмов достижения результативности и эффективности в соответствии с трудовыми процессами, а также создание механизмов обновления, саморазвития и синергии в соответствии с институтами.

2. Принцип сетевизации (многоуровности коммуникаций) системы СТО на основе институциональной необходимости. Так, по мнению Р.А. Долженко [5], институционализация системы социально-трудовых отношений будет зависеть от скорости прироста количества активных стейкхолдеров и эффективности использования их в трудовых процессах [5, с.116], и соответственно требует упорядоченности взаимодействий. Введение принципа сетевизации обусловлено комплексом причин. Во-первых, это усложнение взаимодействий и отношений в экономической системе, что связано с технологическим детерминизмом и с изменением трудовых процессов. Во-вторых, повышение значения фактора времени (увеличение скорости трудовых процессов (операций, действий) требует нового подхода к организации труда и социально-трудовых отношений. В-третьих, расширение пространства компании (выход на новые рынки и территории). В-четвертых, опережающее развитие межорганизационных систем информации и коммуникации в экономической системе.

Принцип сетевизации при проектировании социально-трудовых отношений планирует создание многоуровневой и многосторонней системы связей (коммуникаций) в социально-трудовых отношениях, предполагающей архитектурно определенно выстроенные (организованные) «отношения» (взаимодействия между стейкхолдерами).

Сетевизация предполагает наличие множества стейкхолдеров и определенную координацию отношений между ними. Глобальные сетевые трудовые отношения рассмотрены в трудах McGrath-Champ S., Rainnie Al, Pickren G., Herod A. [19], и др. По мнению автора, принцип сетевизации должен базироваться на аксиологическом и институциональном подходах, что находит подтверждение в трудах Фукуямы [20], который говорит о том, что индивиды вступают в отношения в сети на основе разделенных ценностей. Фукуяма трактует «сеть» как «моральные связи на основе доверия», «сеть есть группа индивидуальных агентов, которые разделяют неформальные нормы и ценность сверх того, что требуют обычные рыночные транзакции» [20].

Аксиологические и институциональные основы сетевизации отражаются в работах А.В. Олескина и И.В. Ботвинко, где ценности и институты называются неким «матриksom» как особое консолидирующее значение, «по нему распространяются сигнальные вещества, что обеспечивает эффективную межклеточную

коммуникацию» [21, с. 68], а также как «объединяющие всех индивидуальных и коллективных членов сети цели и представления о путях их достижения, общие морально-этические ценности и правила делового поведения».

Автор на основе исследований предполагает, что принцип сетевизации способствует проектированию «сетевой упорядоченности», то есть проектируются определенные правила поведения (взаимодействий) в системе социально-трудовых отношений на основе обмена ценностями, что соответственно подразумевает формирование нового институционального пространства. Таким образом, сетевая структура неразрывно связана с институциональным пространством и она комплексно с ним проектируется (институциональная обусловленность).

Принцип сетевизации СТО предполагает возможность функционирования и обслуживания сети СТО с минимальными затратами, при этом обеспечивая необходимый уровень взаимодействий (коммуникаций). Построение современных сетей СТО направлено на создание корпоративных сетей ценностей СТО в рамках трудовых процессов.

С нашей точки зрения, любая сеть, в том числе сеть СТО, должна иметь строго упорядоченную структуру. Включаясь в сеть социально-трудовых отношений, стейкхолдеры становятся зависимы от сети партнерств (взаимодействий). В сети может наблюдаться несколько центров принятия решений и центров ответственности по поводу трудовых операций (действий). На рисунке 2 представлен пример многоуровневой сети системы социально-трудовых отношений.

Самый нижний уровень сети СТО представляет собой наибольшую совокупность сетевых элементов системы СТО. В качестве сетевых элементов могут на нижнем уровне рассматриваться такие участники СТО, как персонал, профсоюзы, государство в лице различных ведомств и т.п., коммутационные узлы – «центры ответственности» и «центры принятия решений», каналы передачи информации, образующие систему передачи информации между участниками СТО, расположенные на каждом уровне сети СТО.

Уровень управления сетевыми элементами СТО (оперативный уровень сети СТО) – это элементарные системы управления в сети СТО, которые автономно управляют отдельными элементами сети, контролируют канал связи между участниками СТО, управляют коммутационными узлами. Этот уровень в

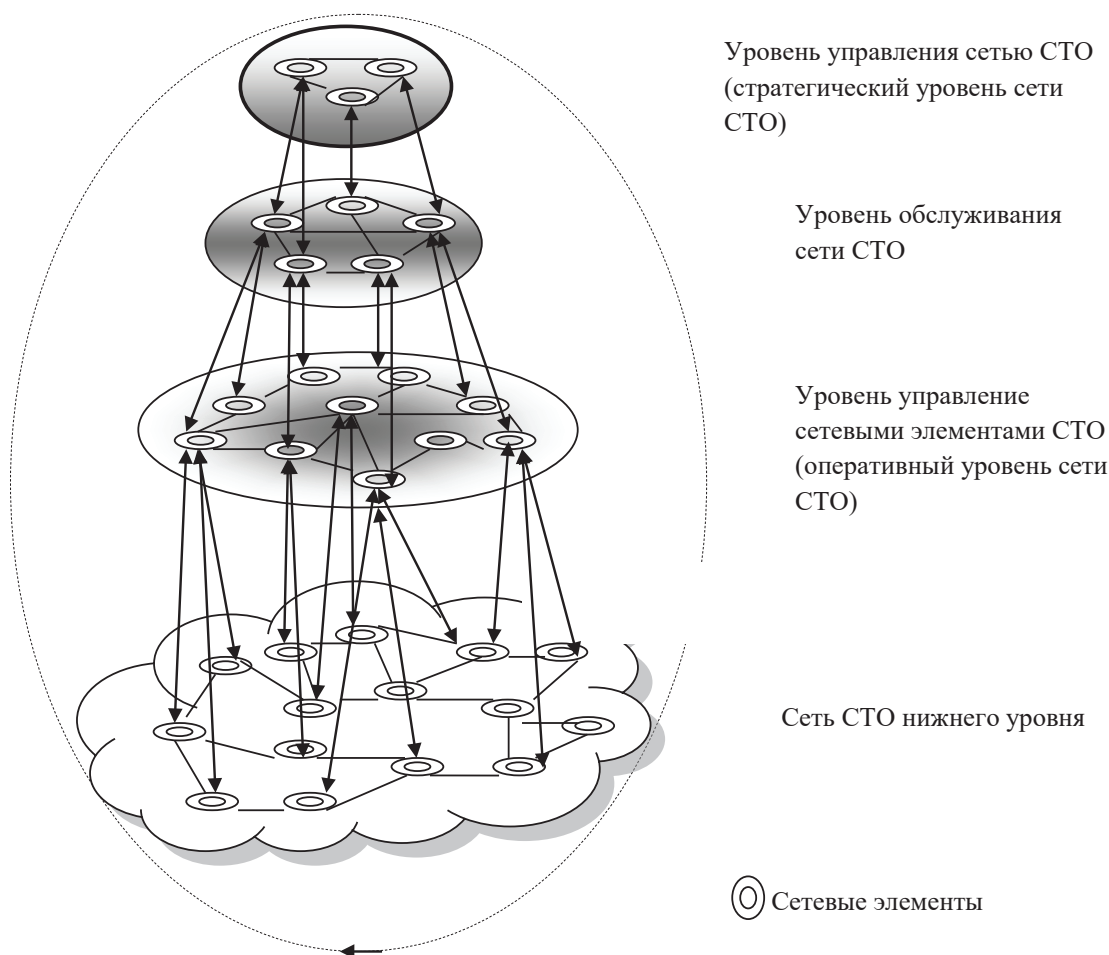


Рисунок 2 – Схема многоуровневой сети системы социально-трудовых отношений

Figure 2 – Diagram of multi-level network system of socio-labor relations

Источник: схема разработана автором на основе применения принципа сетевизации в социально-трудовых отношениях

сети СТО ответственен за моделирование поведения стейкхолдеров в трудовых процессах и функционирования сетевых элементов нижележащей сети. Атрибуты данных моделей позволяют управлять различными аспектами трудового поведения стейкхолдеров в системе СТО. Сетевыми элементами оперативного уровня сети СТО могут быть менеджеры, руководители подразделений и т.п.

Уровень обслуживания сети СТО обеспечивает координацию, функционирование и обслуживание элементарных систем управления и сетевых элементов СТО в рамках институционального пространства и корпоративной сети ценностей, контролирует конфигурацию составных каналов связи между сетевыми элементами СТО, согласовывает работу раз-

ных подсетей в сети СТО в трудовых процессах. С помощью этого уровня сеть СТО начинает работать как единое целое. Примерами сетевых элементов уровня обслуживания сети СТО являются специалисты (менеджеры) в области управления персоналом и др.

Уровень управления сетью СТО (стратегический уровень сети СТО) – в задачу этого уровня входит проектирование, контроль достижения и регулирование (в том числе трансформация) целей сети СТО и корпоративной сети ценностей в системе СТО в соответствии с целями экономической системы. Проектируются организационные, институциональные и аксиологические основы сети СТО. После формирования сети СТО данный уровень занимается контролем, регулированием каче-

ства, эффективности и результативности ее функционирования, то есть за соблюдением сетью всех принятых на себя обязательств в отношениях между участниками СТО. К сетевым элементам стратегического уровня сети СТО относятся руководители организации (компании), собственники компании и др.

Таким образом, принцип сетевизации в системе социально-трудовых отношений обеспечивает баланс самостоятельности работников в процессе трудовой деятельности и их взаимозависимость, сотрудничество в рамках корпоративной сети ценностей в достижении общих целей. Кроме того, по мнению автора, сетевые отношения препятствуют распространению оппортунизма в системе социально-трудовых отношений, снижению противоречий в системе.

3. Введение принципа баланса экономической и социальной эффективности при проектировании системы СТО обусловлено необходимостью обеспечения экономического роста одновременно с социальным развитием экономической системы.

Экономическая и социальная эффективность в системе СТО диалектически взаимосвязаны. С одной стороны, рост экономической эффективности лежит в основе достижения результатов в социальном развитии системы СТО, с другой стороны, повышение уровня социального развития СТО позволяет решать и экономические задачи. Следует обратить внимание, что ряд ученых говорит о проблематичности достижения равновесия экономической и социальной эффективности [22]. Другие ученые говорят о возможности балансировки экономической и социальной эффективности в социотехнологических системах [23]. Так, максимизация результатов и минимизация издержек по своей экономической сути не может предполагать социального эффекта, такого как улучшение условий труда и повышения качества трудовой жизни работника. В то же время как экономическая, так и социальная эффективность проявляется в первую очередь на индивидуальном уровне социально-экономического поведения работников. Однако условия для изменения соотношений экономической и социальной эффективности складываются на разных уровнях социально-трудовых отношений.

С нашей точки зрения, система СТО, с одной стороны, должна быть направлена на повышение производительности труда, увеличение доходности (прибыльности) экономической системы при оптимизации затрат, что

определяется показателями экономической эффективности и, с другой стороны, система СТО должна быть направлена на повышение качества трудовой жизни работников, что является одним из показателей социальной эффективности, то есть баланс предполагает достижение соответствия между количественными характеристиками результативности труда (производительности) и качественными характеристиками степени удовлетворения личных потребностей работника в трудовых процессах в рамках обмена ценностями.

Автор полагает, что при проектировании системы СТО целесообразно отталкиваться от целевой функции социально-трудовых отношений как регулятора качества трудовой жизни работников (что находит отражение в трудах Giorgio Gosetti [24]) и обеспечения их благосостояния за счет достижения экономических целей компании на основе обмена ценностей в рамках корпоративной сети ценностей в трудовых процессах. Правомерность данных выводов подтверждается наличием в менеджменте подхода измерения эффективности управления на основе достижения целей [25, 26]. В этом случае показателем сбалансированности социальной и экономической эффективности могут служить достижения запланированных целей на конкретном этапе развития экономической системы и корпоративная сеть ценностей, включающая определенные стандарты качества трудовой жизни работников.

Следует отметить, что экономическая и социальная эффективность СТО как интегральная категория характеризует проектируемую систему социально-трудовых отношений в двух направлениях: во-первых, это состояние и обеспечение эффективного использования трудового потенциала системы СТО в трудовых процессах, во-вторых, это состояние и обеспечение эффективности взаимоотношений между стейкхолдерами в системе СТО (в том числе формальных (договорных) и неформальных). Ряд зарубежных ученых рассматривает баланс экономической и социальной эффективности в трудовых отношениях через концепцию «Creating value and mitigating harm» [27] достижение баланса между созданием ценности и уменьшением вреда (например, усилия по созданию ценности за счет повышения заработной платы для работников могут нанести вред в краткосрочной перспективе в виде сокращения прибыли для работодателей и, возможно, увеличения безработицы) [27].

На основе проведенного анализа суще-

ствующих теорий и методологий в области трудовых отношений и исходя из нашей концепции социально-трудовых отношений на основе обмена ценностями, баланс экономической и социальной эффективности достигается на основе комбинации экономических и социальных ценностей в системе СТО в рамках институционального пространства. Соответственно уровень баланса закладывается при построении (формировании) корпоративных сетей ценностей в системе СТО. Матрица проектирования сети СТО на основе баланса экономической и социальной эффективности представлена на рисунке 3.

В «зоне экономической эффективности», где имеется возможность достижения высокого уровня экономической эффективности в трудовых процессах, но и низкая возможность создания сети корпоративных ценностей, в системе СТО экономические ценности и цели являются приоритетными. Такая система СТО хорошо функционирует в краткосрочном периоде. В долгосрочном периоде приводит к текучести персонала, возможному снижению результативности труда и качества в трудовых процессах, и, соответственно, понижается экономическая эффективность.

При проектировании системы СТО в зоне «социальной эффективности», в которой имеется высокая возможность для создания сети корпоративных ценностей и низкий уровень экономической эффективности, система СТО носит ярко выраженный социально ориенти-

рованный характер, требующий значительных инвестиции в социальную сферу. Созданная сеть корпоративных ценностей формирует необходимое мотивационное поле у работников и в долгосрочном периоде приводит к росту качества и результативности труда (в том числе производительности), и, соответственно, повышаются экономические показатели (в том числе рост уровня экономической эффективности). Одной из проблем (особенностей) этой зоны является потребность в значительном промежутке времени на создание корпоративной сети ценностей при снижении экономической эффективности (повышение затрат).

Конечно, ситуации, которые являются низкими по обоим измерениям, вряд ли будут приоритетом при проектировании системы СТО, поэтому эта зона не имеет приоритета в нашем исследовании.

Ситуации, которые имеют большое значение по обоим измерениям, такие как одновременное создание сети корпоративных ценностей и достижение высокого уровня экономической эффективности, часто представляются сложными социально-экономическими проблемами, требующими сочетание санкций, стимулов, мотивов, вмешательств и ресурсов. Проектируя систему СТО в «зоне баланса», необходимо установить оптимальное сочетание затрат на социальную сферу в соответствии с экономическими результатами, при этом формируя корпоративную сеть ценностей в соответствии с экономическими це-

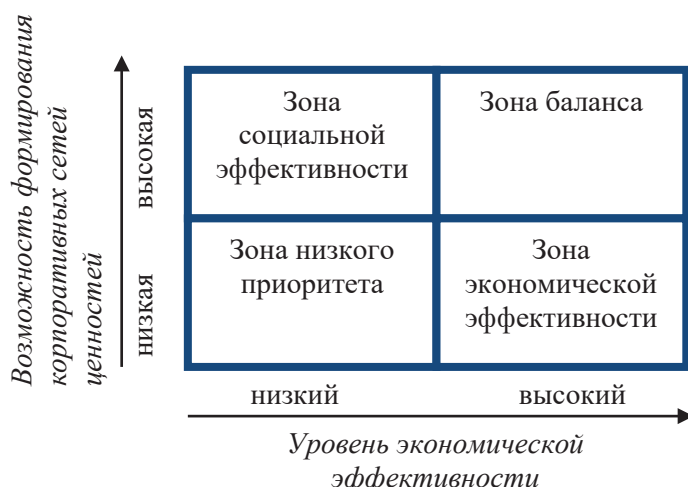


Рисунок 3 – Матрица проектирования сети СТО, на основе баланса экономической и социальной эффективности

Figure 3 – Matrix design of the social and labor relations' network based on the balance of economic and social efficiency

Источник: матрица составлена автором

лями экономической системы и встраивая ее в систему СТО через «социальное научение». «Зоне баланса» также необходим достаточно длительный промежуток времени на формирование новой системы СТО на основе балансировки экономической и социальной эффективности.

Таким образом, проектируя систему СТО на основе принципа баланса экономической и социальной эффективности, необходимо учитывать разные объективные обстоятельства в сфере труда и управления, так что возможность одной стороны – это риск другой стороны.

4. Принцип гибкости и трансформируемости системы СТО, предполагающей способность системы социально-трудовых отношений меняться с течением времени под воздействием внешних и внутренних факторов, обуславливают коэволюционность при проектировании системы СТО как результат взаимодействия стейкхолдеров на основе механизма адаптации. В систему СТО необходимо встраивать возможность развития и саморазвития в более сложные формы социально-трудовых отношений, увеличивая разнообразие и устойчивость системы СТО на основе согласованности всех элементов СТО, через развитие корпоративных сетей ценностей.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследование организационно-институциональных аспектов проектирования социально-трудовых отношений в крупных экономических системах в условиях трансформации позволило сформулировать и обосновать четыре принципа построения системы СТО на основе системно-аксиологического подхода, направленных на снижение противоречий и оппортунизма в социально-трудовых отношениях. Следует отметить, что применение выделенных принципов не предполагает построения жестких алгоритмов, моделей, методик проектирования системы СТО. Система СТО рассматривается как уникальный системно-аксиологический комплекс, способный к саморазвитию.

Применение сформулированных автором принципов имеет как теоретическое, так и практическое значение и формирует новые концептуальные основы построения системы социально-трудовых отношений в современных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Половинко В.С. Модернизация социально-трудовых отношений в период неоиндустриализации // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2015. № 3. С. 9–13.

2. Ивлева Г.Ю. Трансформации экономической системы: обзор концепций и контуры общей теории // Общество и экономика, 2003. №10. С. 18.

3. Калабина Е.Г. Эволюция системы отношений «работник – работодатель» в экономической организации. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2011. 436 с.

4. Беззубко Л.В., Нехода Е.В. Социально-трудовые отношения: результаты исследований в России и Украине. Томск: Томский государственный университет. 2013. 372 с.

5. Долженко Р.А. Новые формы трудовых отношений: институционализация и использование в условиях инновационной экономики. Барнаул: АлтГУ. 2014. 200 с.

6. Медведева Т.А. Исследование процессов трансформации социально-трудовых отношений на основе расширенного системного подхода // Вестник НГУ. Серия. Социально-экономические науки. 2013. № 13/4. С.172-180

7. Cushen J., Thompson P. Financialization and value: why labour and the labour process still matter //Work, Employment and Society, 2016. Vol. 30, 2. pp. 352-365. / doi/10.1177/0950017015617676

8. Chahestani F.J., Fazel A., Mirjafari S. A. Predictive of organizational efficiency based on the quality of working life and personality traits among employees Hormozgan Province Gas Company// Indian Journal of Positive Psychology. 2016. 7(3). pp. 287-291, URL: http://www.iahaw.com/index.php/home/journal_detail/19#list

9. Магун В.С., Руднев М.Г. Базовые ценности россиян и других европейцев // Вопросы экономики. 2010. № 12. С. 93– 442.

10. Ценностное измерение хозяйственно-трудовой деятельности. Российская модернизация. Междисциплинарный подход. Коллективная монография / Под ред. Н.В. Родионовой. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012.

11. Долан С., Гарсия С. Управление на основе ценностей. М.: Претекст, 2008. 320 с.

12. Howe J. Labour regulation now and in the future: Current trends and emerging themes// Journal of Industrial Relations. 2016. Vol. 59, 2. Pp. 209-224. DOI: 10.1177/0022185616671352.

13. Норт Д. Институциональные изменения: рамки анализа // Вопросы экономики. 1997. № 3. С. 97–137.

14. Lewin A.Y., Volberda H.W. Prolegomena on coevolution: a framework for research on strategy and new organizational forms .Organization Science. 1999. Vol. 10. No 5. Pp. 519-534. DOI: 10.1287/orsc.10.5.519

15. Легчилина Е.Ю. Трансформация социально-трудовых отношений на этапах жизненного цикла экономических систем // Фундаментальные исследования. 2017. № 10-3. С. 600-604.

16. Ehlers L.I. Conceptualising primary labour relationship quality // South African Journal of Economic and Management Sciences. 2017. №20 (1). <https://doi.org/10.4102/sajems.v20i1.1573>.

17. Helfen M., Schüßler E., Sydow J. How can employment relations in global value networks be managed towards social responsibility? // Human Relations. – 2018. <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0018726718757060>.

18. Porter M.E. Kramer M.R. Creating shared value. // Harvard Business Review. 2011. –89(1–2). Pp 62–77

19. McGrath-Champ S., Rainnie A.I., Pickren G., Herod A. Global destruction networks, the labour process and employment relations // Journal of Industrial Relations 2015, vol 57, Issue 4, pp. 624 – 640. <https://doi.org/10.1177/0022185615582241>

20. Fukuyama F. The Great Disruption. London: Profile Books. 1999.

21. Олескин А.В. Сетевые структуры в биосистемах и человеческом обществе. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2013. 304 с.

22. Алле М. Условия эффективности в экономике. М.: Наука для общества, 1998. 304 с.

23. Потуданская В.Ф., Мизя М.С. Эффективность труда персонала инновационно активного предприятия: социотехнологический подход. ОмГТУ. М.: Экономика, 2016. 228 с.

24. Gosetti G. Sustainable Agriculture and Quality of Working Life: Analytical Perspectives and Confirmation from Research. Sustainability, 2017, vol. 9 (10). 1749. doi:10.3390/su9101749. <http://www.mdpi.com/2071-1050/9/10/1749/htm>.

25. Белкина Н.А. Управление трудом по целям и результатам в системе «Рост» // Челябинский гуманитарий. 2011. Т. 4. № 17. С. 24-29.

26. Кузьмин А.М., Высоковская Е.А. Управление по целям // Методы менеджмента качества. 2012. № 3. С. 11

27. Isaac J., Cutcher-Gershenfeld J. E. Creating value and mitigating harm: Assessing institutional objectives in Australian industrial relations. The Economic & Labour Relations Review. 2018. <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1035304618767263>.

REFERENCES

1. Polovinko V.S. Modernization of social and labor relations in the period of neoindustrialization. *Vestnik Omskogo universiteta. Seriya «EHkonomika»*, 2015, no 3, Pp. 9–13. (in Russian)

2. Ivleva G. YU. Transformation of the economic system: a review of concepts and contours of the general theory. *Obshchestvo i ehkonomika*, 2003, no 10, Pp. 18. (in Russian)

3. Kalabina E.G. Evolution of the system of relations “employee-employer” in the economic organization. Ekaterinburg: Institute of Economics UrO RAN, 2011. 436 p. (in Russian)

4. Bezzubko L.V., Nekhoda E.V. Social and labor relations: research results in Russia and Ukraine. Tomsk: Tomskij gosudarstvennyj universitet. 2013. 372 p. (in Russian)

5. Dolzhenko R.A. New forms of labor relations: institutionalization and use in an innovative economy. Barnaul: AltGU. 2014. 200 p. (in Russian)

6. Medvedeva T.A. Research of transformation processes of social and labor relations on the basis of extended system approach. *Vestnik NGU. Seriya. Social'no-ehkonomicheskie nauki*, 2013, no 13/4, pp.172-180. (in Russian)

7. Cushen J. Financialization and value: why labour and the labour process still matter / J. Cushen, P. Thompson. *Work, Employment and Society*, 2016. Vol. 30, 2. pp. 352-365. / doi/10.1177/0950017015617676

8. Chahestani F.J., Fazel A., Mirjafari S.A. Predictive of organizational efficiency based on the quality of working life and personality traits among employees Hormozgan Province Gas Company. *Indian Journal of Positive Psychology*. 2016. 7(3). pp. 287-291, URL: http://www.iahrw.com/index.php/home/journal_detail/19#list

9. Magun V.S., Rudnev M.G. Basic values of Russians and other Europeans. *Voprosy ehkonomiki*, 2010, no 12, Pp. 93– 442. (in Russian)

10. Value measurement of economic and labor activity. Russian modernization. Interdisciplinary approach. *Kollektivnaya monografiya / Pod red. N.V. Rodionovoj*. Moscow, YUNITI-DANA, 2012. (in Russian)

11. Dolan S., Garsiya S. Value-based management. Moscow, Pretekst, 2008. 320 p.

12. Joe Isaac, Joel E, Cutcher-Gershenfeld Creating value and mitigating harm: Assessing institutional objectives in Australian industrial relations. *The Economic & Labour Relations Review*. 2018. <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1035304618767263>

13. Nort D. Institutional changes: framework for analysis. *Voprosy ekonomiki*, 1997, no 3, pp. 97–137.

14. Lewin A.Y., Volberda H.W. Prolegomena on coevolution: a framework for research on strategy and new organizational forms. *Organization Science*, 1999, Vol. 10, no 5, Pp. 519-534.

15. Legchilina E. YU. Transformation of social and labor relations at the stages of the life cycle of economic systems. *Fundamentalnye issledovaniya*, 2017, no 10-3, pp. 600-604. (in Russian)

16. Ehlers L.I. Conceptualising primary labour relationship quality. *South African Journal of Economic and Management Sciences*. 2017. No 20(1). <https://doi.org/10.4102/sajems.v20i1.1573>.

17. Helfen M., Schüßler E., Sydow J. How can employment relations in global value networks be managed towards social responsibility? *Human Relations*. 2018. <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0018726718757060>.

18. Porter M.E. Kramer M.R. Creating shared value. *Harvard Business Review*. 2011. 89(1–2). –Pp 62–77

19. McGrath-Champ S., Rainnie A.I., Pickren G., Herod A. Global destruction networks, the labour process and employment relations. *Journal of Industrial Relations*. 2015. Vol 57. Issue 4, pp. 624 – 640. <https://doi.org/10.1177/0022185615582241>

20. Fukuyama F. The Great Disruption. London: Profile Books. 1999.

21. Oleskin A. V. Network structures in biosystems and human society. Moscow, Knizhnyj dom «LIBROKOM». 2013. 304 p. (in Russian)

22. Alle M. Conditions of effectiveness in the economy. Moscow, Nauka dlya obshchestva, 1998. 304 p. (in Russian)

23. Potudanskaya V.F., Mizya M.S. The efficiency of the personnel of innovation active enterprises: a socio-technological approach. OmGTU. Moscow, Ekonomika, 2016. 228 p.15. (in Russian)

24. Gosetti G. Sustainable Agriculture and Quality of Working Life: Analytical Perspectives and Confirmation from Research. *Sustainability*, 2017. vol. 9 (10). 1749. doi:10.3390/su9101749. <http://www.mdpi.com/2071-1050/9/10/1749/htm>.

25. Belkina N.A. Labor management by goals and results in the “Growth” system. *Chelyabinskij gumanitarnij*, 2011, T. 4, no 17, pp. 24-29. (in Russian)

26. Kuz'min A.M., Vysokovskaya E.A. Management by objectives. *Metody menedzhmenta kachestva*, 2012, no 3, pp. 11. (in Russian)

27. Isaac J., Cutcher-Gershenfeld J. E. Creating value and mitigating harm: Assessing institutional objectives in Australian industrial relations. *The Economic & Labour Relations Review*. 2018. <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1035304618767263>.

Поступила 23.08.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Легчилина Елена Юрьевна – канд. экон. наук, доц., заведующая кафедрой «Менеджмент, маркетинг и коммерция» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС), ORCID 0000-0002-9091-0600 (644010, г. Омск, пр. Карла Маркса, 35, e-mail: legcelena@yandex.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Legchilina Elena Yu. – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Management, Marketing and Commerce Department, Omsk State University of Railway Transport ORCID ID 0000-0002-9091-0600 (644010, Omsk, 35, Karl Marks Ave., e-mail: legcelena @ yandex.ru).

УДК 338.45

ОБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РЕГИОНОВ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА В КОНТЕКСТЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ¹

М.А. Миллер

Омский научный центр СО РАН;
ОмГУ им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Статья посвящена исследованию региональной обрабатывающей промышленности Сибирского федерального округа с позиций экономической безопасности. Цель статьи заключается в анализе обрабатывающих производств на основе предложенной группы показателей в контексте обеспечения экономической безопасности регионов Сибирского округа.

Материалы и методы. Для проведения исследования использованы научные методы логики, сравнения, а также метод анализа статистических материалов.

Анализ обрабатывающей промышленности производился по двум группам показателей:

показатели, определяющие социально-экономическое значение обрабатывающей промышленности для региона;

показатели экспортного потенциала региональных обрабатывающих производств, способствующих развитию региона.

Результаты. Основные результаты исследования сводятся к выявлению регионов Сибирского федерального округа, в которых обрабатывающая промышленность является наиболее значимым компонентом в поддержке развития региона и сохранения его экономической безопасности. Особое внимание уделено вкладу обрабатывающих производств в социально-экономическую устойчивость Омской области.

Статья развивает наработанные к данному моменту и описанные в научной литературе теоретико-методологические положения, связанные с исследованием роли обрабатывающей промышленности в развитии страны и ее регионов, совершенствованием методик оценки региональной экономической безопасности. В статье предложена группа показателей, позволяющих точнее раскрыть влияние обрабатывающей промышленности на социально-экономическое состояние региона.

Обсуждение и заключение. Проведенное исследование и полученные результаты позволяют дополнить существующие научные направления подходом, уточняющим оценку обрабатывающей промышленности анализом показателей ее экспортного потенциала с целью расширения комплексного представления о наиболее проблемных точках регионального развития с позиций экономической безопасности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: обрабатывающая промышленность, регион, экономическая безопасность, Сибирский федеральный округ, экспортный потенциал, несырьевой неэнергетический экспорт, социально-экономическое развитие.

¹ Работа выполнена по государственному заданию ОНЦ СО РАН в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы по направлению XI.174, проект № XI.174.1.7 (номер госрегистрации в системе ЕГИСУ НИОКТР AAAA-A17-117041210229-2)

© М.А. Миллер



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

MANUFACTURING OF THE SIBERIAN FEDERAL DISTRICT REGIONS IN THE CONTEXT OF ECONOMIC SAFETY

M.A. Miller

Omsk State University named after F.M. Dostoyevsky,
OSC SB RAS,
Omsk, Russian

ABSTRACT

Introduction. The article is devoted to the study of the regional manufacturing industry of the Siberian Federal District from the standpoint of economic security. The purpose of the article is to analyze the manufacturing industries on the basis of the proposed indicators group and in the context of ensuring economic security of the Siberian federal district.

Materials and methods. The scientific methods of logic, comparison, as well as the method of the statistical materials' analysis are used in the research. The analysis of the manufacturing industry was carried out in two groups of indicators:

- 1) indicators determining the socio-economic importance of the manufacturing industry for the region;
- 2) indicators of the export potential of the regional manufacturing industries, contributing to the development of the region.

Results. The main results of the study are in identifying the regions of the Siberian Federal District, in which the manufacturing industry is the most important component in supporting the development of the region and maintaining its economic security. Moreover, special attention is paid to the contribution of manufacturing industries to the socio-economic stability of the Omsk region.

The paper touches upon the theoretical and methodological provisions related to the study of the role of manufacturing industry in the development of the country and its regions and in improvement of methods for assessing regional economic security. The author proposes the group of indicators that allow more accurately reveal the impact of manufacturing industry on the socio-economic condition of the region.

Discussion and conclusion. The conducted research allows supplementing the existing scientific directions with the approach, which clarifies the assessment of the manufacturing industry with an analysis of its export potential indicators, in order to expand the comprehensive understanding of the most problematic points of regional development from economic security point of view.

KEYWORDS: manufacturing, region, economic safety, Siberian federal district, export potential, non-primary and non-energy export, social-economic development.

© M.A. Miller



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях обострения экономических отношений в мировой системе необходимости наращивания конкурентных преимуществ российской экономики, расширения ее несырьевого экспорта, технико-технологической модернизации отечественного производства актуализируется вектор обеспечения устойчивого развития обрабатывающей промышленности страны. Обрабатывающее производство – один из ключевых секторов, формирующих высокую добавленную стоимость продукта, важный источник рабочих мест в стране и налогоплательщик в бюджеты всех уровней.

По указанным выше причинам особо значимую роль предприятия обрабатывающей промышленности играют на региональном уровне, нередко выступая «локомотивами» как экономического развития региона, так и внося огромный вклад в реализацию социальной политики субъекта РФ. В этой связи обрабатывающее производство может обоснованно рассматриваться в качестве важнейшего элемента обеспечения экономической безопасности соответствующего региона.

В Указе Президента РФ от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» обрабатывающая промышленность определена как одна из базовых отраслей экономики, в которой необходимо обеспечить создание «высокопроизводительного экспортно ориентированного сектора»². Стратегия социально-экономического развития Сибири на период до 2020 года к приоритетным отраслям развития сибирских регионов относит машиностроение, глубокую переработку первичного сырья, целлюлозно-бумажную, металлургическую промышленность, производство высокотехнологичных горюче-смазочных материалов и другие обрабатывающие сектора³.

В научной литературе подтверждается высокая значимость обрабатывающей промышленности для мирового и национального развития [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Продолжаются дискуссии относительно развития промышленного производства в Европе [9, 10]. Как источник экономического роста государства и

системообразующее звено для развития других его секторов рассматривает обрабатывающее производство известный норвежский экономист Э.Райнерт [11].

Отдельной областью исследований является проблематика развития промышленности регионов и федеральных округов, включая вопросы несырьевого экспорта на мезоуровне [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

Кроме того, промышленный сектор рассматривается в качестве одного из компонентов обеспечения региональной экономической безопасности [19, 20, 21, 22, 23, 24, 25]. Согласно точки зрения ученых Омского научного центра СО РАН «экономическая безопасность региона – это интегральная характеристика состояния экономики региона с учетом воздействующих на нее социальных и финансовых факторов, отражающая уровень защищенности региональной экономики от угроз ее социально-экономическому развитию» [19, с. 25]. В этом плане результативно функционирующая региональная обрабатывающая промышленность представляется как один из важнейших элементов поддержания соответствующего уровня защищенности региона и снижения рисков для его социально-экономического развития.

Вместе с тем методические подходы, связанные с исследованием региональной обрабатывающей промышленности и ее ролью в обеспечении экономической безопасности, нуждаются в дальнейшем совершенствовании, в частности, в данной области слабо исследован экспортный потенциал обрабатывающих производств. Кроме того, специфичность тематики требует постоянной актуализации анализа показателей обрабатывающих производств на уровне регионов, в том числе в динамике и интерпретации полученных результатов.

В этой связи цель настоящей статьи – проанализировать потенциал региональных обрабатывающих производств в Сибирском федеральном округе (СФО) с позиций обеспечения ими экономической безопасности регионов округа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методы исследования, используемые в статье:

² Указ Президента РФ от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»

³ Стратегия социально-экономического развития Сибири на период до 2020 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 июля 2010 года № 1120-р)

1) метод логики – обоснование группы показателей для исследования обрабатывающих отраслей в СФО с точки зрения их влияния на региональную экономическую безопасность;

2) метод сравнения – сравнение качественных и количественных показателей обрабатывающей промышленности регионов СФО в контексте экономической безопасности;

3) метод анализа статистических материалов – анализ находящихся в свободном информационном доступе статистико-аналитических материалов по обрабатывающей промышленности СФО.

Исходя из поставленной цели исследования предлагается выделить 2 группы показателей обрабатывающей промышленности, определяющих экономическую безопасность региона:

1) показатели, определяющие социально-экономическое значение обрабатывающей промышленности для региона;

2) показатели экспортного потенциала региональных обрабатывающих производств, способствующих развитию региона.

Использование первой группы показателей необходимо для понимания значения предприятий обрабатывающих отраслей для социально-экономического функционирования конкретного региона, их возможности в обеспечении устойчивости финансово-экономической региональной системы, сбалансированности рынка труда. В данной группе предлагается проанализировать вклад обрабатывающей промышленности в формирование валового регионального продукта (ВРП), обеспечение обрабатывающими предприятиями население региона рабочими местами.

Показатели второй группы связаны с обеспечением экономической безопасности региона через экспортное развитие обрабатывающих производств. Значительный экспортный ресурс региональных обрабатывающих отраслей – это свидетельство востребованности и конкурентоспособности продукции переработ-

ки на внешнем рынке, источник дополнительных поступлений как для развития предприятия, так и через обязательные платежи – для развития региона. Продукция несырьевого неэнергетического экспорта меньше подвержена колебаниям цен на мировом рынке, чем продукция сырьевого экспорта, соответственно успешный выход предприятия на внешние рынки сбыта и расширение присутствия на них способствует повышению устойчивости региона, укреплению его экономической безопасности. Этим и обосновывается целесообразность рассмотрения в контексте региональной экономической безопасности группы показателей экспорта продукции переработки, в частности, объема и динамики поступлений от несырьевого неэнергетического экспорта (экспорта продукции обрабатывающей промышленности в нем), доли товаров верхнего передела несырьевого неэнергетического экспорта и динамики поступлений от их реализации, а также качественного показателя товарной номенклатуры верхнего передела несырьевого неэнергетического экспорта и рынков сбыта соответствующей продукции.

Исходные аналитические материалы для исследования:

- статистические данные Федеральной службы государственной статистики;
- материалы АО «Российский экспортный центр».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Обрабатывающая промышленность распределена в СФО неравномерно, соответственно ее влияние на социально-экономическое развитие конкретного региона, округа также отличается. Как следует из данных, представленных в таблице 1 и таблице 2, наибольший вес как в экономическом, так и социально-трудовом аспектах обрабатывающие производства имеют в Омской области, а также Красноярском и Алтайском крае.

ТАБЛИЦА 1
РЕГИОНЫ СФО С НАИБОЛЬШИМ ВКЛАДОМ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ФОРМИРОВАНИЕ ВРП⁴

TABLE 1
REGIONS OF THE SIBERIAN FEDERAL DISTRICT WITH THE LARGEST CONTRIBUTION OF PROCESSING
INDUSTRY IN THE FORMATION OF GRP⁴

Регионы СФО	Омская область	Красноярский край	Алтайский край	Кемеровская область
Доля обрабатывающей промышленности в ВРП в 2016 г., %	37,3	31,8	18,9	16,5

⁴ Национальные счета/ Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru>

РЕГИОНЫ СФО С НАИБОЛЬШИМ УДЕЛЬНЫМ ВЕСОМ ЗАНЯТЫХ В ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
В ОБЩЕЙ ЧИСЛЕННОСТИ ЗАНЯТЫХ В ЭКОНОМИКЕ РЕГИОНА⁵

TABLE 2
REGIONS OF THE SIBERIAN FEDERAL DISTRICT WITH THE LARGEST SHARE OF EMPLOYED POPULATION IN
THE MANUFACTURING INDUSTRY BY THE TOTAL NUMBER OF EMPLOYED POPULATION IN THE REGION ECONOMY

Регионы СФО	Омская область	Томская область	Алтайский край	Красноярский край
Доля занятых в обрабатывающей промышленности в 2016 г., %	14,4	13,9	13,5	13,3

Омская область – регион СФО в наибольшей степени зависимый от функционирования в региональной экономике обрабатывающих отраслей. Имея высокий вклад «обработки» в ВРП и занимая по данному показателю 1-е место в СФО и 4-е среди всех субъектов РФ (после Липецкой, Тульской и Вологодской областей), регион традиционно опирается на нефтепереработку, химическую, машиностроительную, радиоэлектронную и пищевую отрасли. В отраслях переработки занят каждый 7-й работник области (подавляющее большинство – жители г. Омска), поэтому любые угрозы снижения численности «промышленников» крайне чувствительны для регионального рынка труда.

Красноярский край имеет схожие с Омской областью значения по вкладу обрабатывающей промышленности в ВРП и общую занятость, кроме того, указанные регионы – лидеры СФО по затратам на технологические инновации (38 млрд руб. и 21 млрд руб. соответственно, по данным на 2016 г.⁶), что также подтверждает промышленную основу данных субъектов РФ.

Высокий вклад в совокупную занятость населения вносит также обрабатывающая промышленность Алтайского края и Томской области, однако для формирования регионального продукта значение данного сектора экономики для них гораздо меньше, чем в рассмотренных выше регионах (см. таблицу 1). Так, в Алтайском крае, помимо обрабатывающих производств, высокая доля в ВРП отмечается также у сельского хозяйства (20,1%) и торговли (14,1%)⁷, что несколько рассредоточивает концентрацию источников формирования добавленной стоимости в регионе.

В Томской области сопоставление удельно-

го веса «обработки» в ВРП и региональной занятости обнаруживает еще большие различия. Несмотря на одно из самых высоких в СФО относительных значений доли занятых в обрабатывающей промышленности вклад последней в ВРП составляет лишь 9,4% (9-е место в СФО). Если проанализировать структуру ВРП Томской области, то можно констатировать, что экономическую безопасность данного региона поддерживают совсем другие (в отличие от рассмотренных выше субъектов РФ) сектора экономики. Так, высока доля добывающей промышленности – 27,3% (при занятости в ней всего 2,4%), операций с недвижимостью (13,5%, занятость – 9,3%), а также транспорта и связи (11,7 %, занятость – 8,3%)⁸. Таким образом, в томском регионе обрабатывающая промышленность, представленная в основном производством нефтепродуктов, электрооборудования, химической и пищевой отраслями, выступает элементом поддержки, прежде всего социально-трудовой стабильности в регионе, чем непосредственно экономической, хотя связь между этими составляющими ни в коем случае не отрицается.

В Кемеровской области как известно не только в СФО, но в целом в стране добывающем регионе значительный вклад «обработки» в ВРП сосуществует с еще большей долей добычи – почти 30%. Наряду также с существенным удельным весом занятых в обрабатывающих отраслях (свыше 12%), регион во всех аспектах зависим от совокупного промышленного сектора экономики.

Таким образом, из регионов СФО для Омской области и Красноярского края обрабатывающая промышленность является наиболее значимым сектором экономики, формирующим устойчивость социально-экономического

⁵ Регионы России. Социально-экономические показатели. 2017: Стат. сб./Росстат. М., 2017. 1402 с.

⁶ Наука и инновации/ Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru>

⁷ Национальные счета/ Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru>

⁸ Там же

функционирования региона, способствующую обеспечению комплексной экономической безопасности.

Другая группа показателей, которые предлагается принимать во внимание в контексте не только формирования, но и укрепления экономической безопасности региона, связана с экспортными возможностями обрабатывающей промышленности регионов СФО.

Необходимо в этой связи отметить, что, с одной стороны, говорить об экспортных доходах того или иного региона, полученных от предприятий, можно говорить с определенной долей условности, учитывая, что большинство обрабатывающих предприятий, расположенных в регионах СФО, входят в состав вертикально интегрированных компаний, зачастую зарегистрированных за пределами нахождения непосредственной региональной производственной единицы. С другой стороны, многие крупные региональные предприятия обрабатывающей отрасли являются одними из основных для бюджета соответствующего региона СФО налогоплательщиков. Исходя из данных Федеральной налоговой службы в 2017 г. в десятке крупнейших налогоплательщиков в бюджет Омской области половина – промышленные предприятия различных отраслей переработки⁹. Кроме того, имеющаяся в свободном информационном доступе статистическая информация выражена в виде данных об экспорте (и его структуре) конкретного региона.

За 2017 г. регионы СФО заработали на несырьевом неэнергетическом экспорте (для анализа будет использована именно эта категория экспорта, т.к. в ней отражена продукция обрабатывающих производств большей технологичности) 16,31 млрд долл., что составляет 12 % от российского несырьевого неэнергетического экспорта (ННЭ)¹⁰. При этом треть всего объема заработал Красноярский край (5,25 млрд долл.), а четверть – Иркутская область (4,08 млрд долл.). В целом же 90% от совокупного дохода округа от ННЭ обеспечились всего 5 регионов – Кемеровская, Иркутская и Новосибирская области, Республика Хакасия и Красноярский край.

В данном случае анализ объема поступлений от ННЭ показательнее, чем доля ННЭ в

общем региональном экспорте. Дело в том, что две трети субъектов СФО имеет удельный вес ННЭ в общем экспорте свыше 50%, но в половине из них в абсолютных значениях речь идет о сравнительно небольших объемах поступлений – менее 0,7 млрд долл. (Республика Алтай, Алтайский край, Омская и Томская области). В Кемеровской области обратная ситуация: имея всего 20%-ную долю ННЭ в совокупном региональном экспорте (из-за структурных особенностей кемеровской экономики с высокой концентрацией добывающих отраслей), регион в 2017 г. заработал на рассматриваемой категории экспорта 2,87 млрд долл. (3-е место в СФО).

Что касается динамики ННЭ (в денежном выражении) в регионах СФО в достаточно трудные для отечественной экономики, с точки зрения выхода на внешние рынки 2015–2017 гг., то в большинстве субъектов округа наблюдалось снижение объема поступлений. Лишь в Республике Хакасия, Кемеровской области, а также в Алтайском и Забайкальском крае доходы от ННЭ за данный период выросли, самый большой прирост в абсолютном значении зафиксирован в кемеровском регионе – 0,56 млн долл., в относительном – в Забайкальском крае (40%).

Вместе с тем потенциал предприятий обрабатывающей промышленности с точки зрения несырьевого экспорта и, главное, перспективы его наращивания зависит не столько от совокупного ННЭ, сколько от доли продукции верхнего передела в нем. Дело в том, что продукция ННЭ дифференцируется от степени технологичности ее производства на верхний, средний и нижний передел. Продукция верхнего передела – самая технологичная в ННЭ, она формирует больше добавленной стоимости, представляет повышенный интерес у зарубежных покупателей, конкурентоспособнее на внешнем рынке и обеспечивает больше экспортных поступлений. В этой связи производство товаров верхнего передела (ВП) превращает соответствующее обрабатывающее предприятие в значимого экспортера, востребованного у иностранных партнеров, а высокий удельный вес продукции ВП в ННЭ делает регион более устойчивым с позиций экономической безопасности.

⁹ Десять крупнейших налогоплательщиков в 2017 г. пополнили бюджет региона на 21,1 млрд руб./ Официальный сайт Федеральной налоговой службы. URL: https://www.nalog.ru/rn55/news/activities_fts/7205761/

¹⁰ Здесь и далее анализ основан на материалах: Экспорт регионов/ Официальный сайт Российского экспортного центра. URL: www.exportcenter.ru

Доходы от экспорта продукции ВП составили в 2017 г. в целом по СФО в общем объеме ННЭ только 15% (2,52 млрд долл.), из которых свыше 40% обеспечила Новосибирская область (1,04 млрд долл.). Кроме нее наибольший доход в округе (более 0,1 млрд долл.) получили Красноярский и Алтайский край, а также Кемеровская и Омская области. При этом из указанных выше регионов смогли увеличить поступления от товаров ВП ННЭ по сравнению с 2015 г. Алтайский край, Кемеровская область и Красноярский край, последний продемонстрировал максимальный прирост – 0,14 млрд дол.

Наряду с этим отметим, что доля ВП в ННЭ Красноярского края лишь немногим превышает 10%, вместе с тем по объемам поступлений от товаров данного передела край – 2-й после Новосибирской области и, как уже отмечалось, лучший по приросту в 2017 г. Этот

расклад можно объяснить значительными по объему доходами по совокупному ННЭ Красноярского края, полученными преимущественно от продажи продукции нижнего передела (85,64% от всего объема), так что вклад верхнего передела, являясь достаточно высоким в денежном выражении в сравнении с другими регионами СФО, в структуре ННЭ края оказывается низким. Лидерство в СФО по доходам от ННЭ Красноярскому краю обеспечивает такая экспортируемая продукция нижнего передела как металлы (мед, алюминий, никель и др.), а также пиломатериалы.

В целом схожая ситуация по структуре ННЭ у Иркутской области. С одной стороны, по итогам 2017 г. область являлась одним из лидеров в СФО по поступлениям от совокупного ННЭ, с другой стороны, доля продукции ВП в ННЭ в данном субъекте РФ составляет всего 1,76 % (предпоследнее место в СФО). Аналогичное

ТАБЛИЦА 3

ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ПРОДУКЦИИ ТОВАРНОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ ВЕРХНЕГО ПЕРЕДЕЛА НЕСЫРЬЕВОГО
НЕЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭКСПОРТА ОТДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ СФО
TABLE 3
MAIN PRODUCT GROUPS OF THE TOP REDISTRIBUTION OF NON-PRIMARY
AND NON-ENERGY EXPORTS IN SOME REGIONS OF THE SIBERIAN FEDERAL DISTRICT

Регионы	Товарная номенклатура ВП ННЭ (2017 г.)		Основные рынки сбыта
	наименование	доля в ВП ННЭ, %	
Новосибирская область	Механическое оборудование и техника, компьютеры	42,5	- Китай - Украина - Болгария
	Электрические устройства, аппаратура связи	14,71	- Казахстан - Белоруссия - США
	Неклассифицированные товары	11,15	- Израиль - США - Ирландия
Алтайский край	Железнодорожная техника	23,2	- Казахстан - Литва - Абхазия
	Механическое оборудование и техника, компьютеры	20,09	- Казахстан - Белоруссия - Индия
	Шины пневматические	16,04	- Казахстан - Белоруссия - Узбекистан
Омская область	Механическое оборудование и техника, компьютеры	18,01	- Казахстан - Узбекистан - Монголия
	Шины пневматические	17,89	- Казахстан - Украина - Литва
	Электрические устройства, аппаратура связи	10,39	- Казахстан - США - Узбекистан

объяснение заключается в высоких объемах продукции нижнего передела (68,53%), но в данном случае еще и среднего (29,71%). По нижнему переделу, как и в Красноярском крае, львиную долю приносят металлы (точнее алюминий и его сплавы – 53,78%) и пиломатериалы (44,67%), т.е. в регионе по этому переделу ярко выражена очень высокая концентрация на 2-х номенклатурных группах. Средний передел, наоборот, характеризуется сильным рассредоточением групп товаров, где наблюдается некоторое преобладание изделий из металла (листовой прокат, трубы, медная проволока, прутки и т.п.).

По данным 2017 г. в СФО среди обеспечивших поступления от экспортной продажи продукции ВП ННЭ свыше 0,1 млрд долл. наибольший удельный вес продукции данного передела в региональной структуре ННЭ имели Новосибирская область (85,37%), Алтайский край (48,73%) и Омская область (33,55%). Как

следует из материалов, представленных в таблице 3, из данных регионов на экспорт шли преимущественно товары следующих групп: «Электрические устройства, аппаратура связи», «Шины пневматические» и «Механическое оборудование и техника, компьютеры». Примечательно, что последняя группа расположена в лидирующей тройке всех рассматриваемых в таблице трех регионов, но в Новосибирской области она является доминирующей номенклатурной группой, составляя почти половину от всех товаров верхнего передела.

Если в Новосибирской области и Алтайском крае по объему поступлений продукция верхнего передела – самые крупные по удельному весу группы в ННЭ соответствующего региона, то в структуре ННЭ Омской области лидер – продукция нижнего передела (39,53%), поступления от товаров ВП ННЭ незначительно, но меньше, что соответствует второму месту в региональном ННЭ (рисунок).

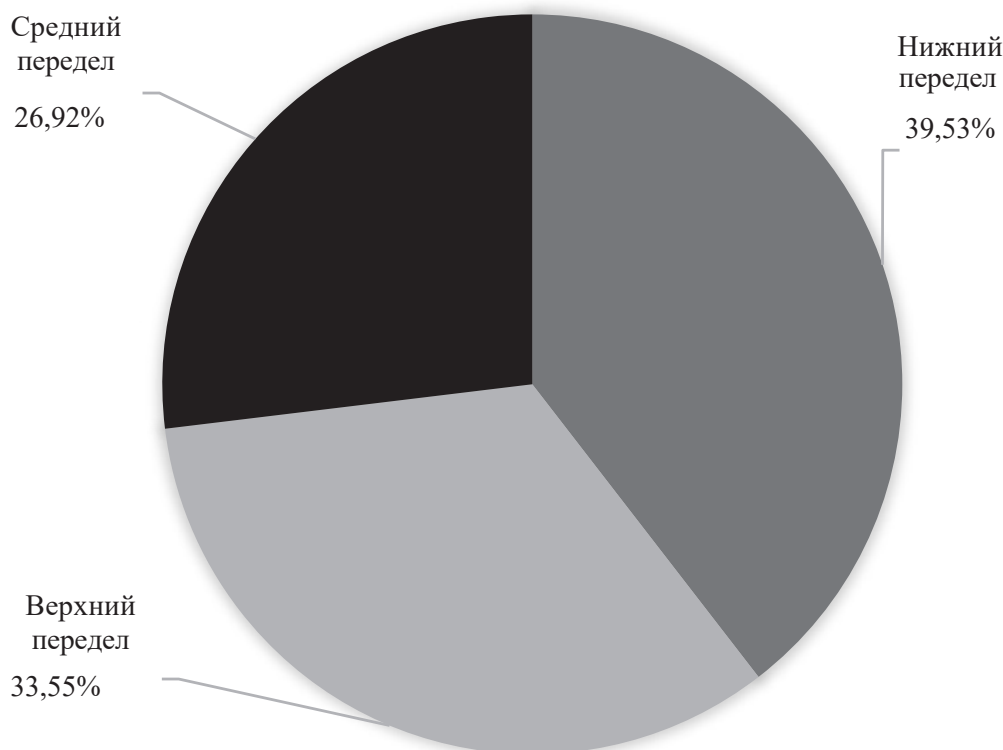


Рисунок – Структура несырьевого неэнергетического экспорта Омской области по переделам (2017 г.), %

Figure – Structure of non-primary and non-energy exports in the Omsk region for redistribution (2017), %

Что касается основных рынков сбыта (см. таблицу 3), то товары верхнего передела ННЭ рассматриваемых регионов экспортируются преимущественно в страны ближнего зарубежья, чаще в Казахстан, что объяснимо нахождением в общем пространстве Евразийского экономического союза и приграничностью территорий, а также в Узбекистан. При этом оборудование, электротехника и аппаратура связи, производимые в Новосибирской и Омской областях, Алтайского края, представляют интерес в Китае, США, Индии.

Таким образом, по 2-й группе показателей обрабатывающей промышленности СФО, значительный потенциал ННЭ, в том числе относительно продукции верхнего передела, отмечается у Красноярского края, Кемеровской и Новосибирской областей.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая результаты проведенного анализа регионов СФО по показателям обеих групп, приходим к заключению о том, что регионом, в котором обрабатывающая промышленность в наибольшей степени является элементом поддержки социально-экономического развития и обеспечения экономической безопасности, можно назвать Красноярский край. Данный вывод основан на одновременно высоких значениях указанного субъекта РФ по вкладу «обработки» в формирование ВРП и обеспечение рабочими местами на региональном рынке труда, а также в несырьевой экспортный потенциал, масштабы которого доминируют как на уровне края, так и в целом в СФО. Также серьезную зависимость собственной устойчивости от функционирования и развития обрабатывающих отраслей имеют Новосибирская, Омская и Кемеровская области.

Дальнейшее развитие предлагаемого в статье подхода с использованием социально-экономических и экспортных показателей обрабатывающей промышленности видится в их переводе в эконометрический формат с возможностью вывода обобщенного интегрального показателя по каждому региону и последующего сравнения субъектов СФО по нему, в том числе в динамике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абалкин Л.И. Логика экономического роста. М.: Институт экономики РАН, 2002. 228 с.
2. Бодрунов С. Новое индустриальное общество второго поколения: человек, производство, развитие // Общество и экономика. 2016. № 9. С. 5-21
3. Клейнер Г.Б. Системная трансформация промышленности как «твердого ядра» отечественной экономики // Труды Вольного экономического общества России. 2017. Т. 207. С. 210-223.
4. Афоничкина Е.А., Афоничкина Н.А. Роль сегмента обрабатывающей промышленности в развитии мировой экономики // Вестник Волжского университета им. В.Н.Татищева. 2012. № 3. С. 25-37
5. Miller A. Methodological approach to assessment of organizational resources of the productive activity // Serbian Journal of Management. No 12 (1) 2017. Pp. 93 – 106. DOI: 10.5937/sjm12-11357.
6. Miller A.E., Miller N.V, Davidenko L.M. Formation of Integrated Industrial Companies under Current Conditions // Asian Social Science; Vol. 11, No. 19; 2015. Pp. 70-81. DOI: 10.5539/ass.v11n19p70/
7. Transforming Economies. Making industrial policy work for growth, jobs and development/ J.M. Salazar - Xirinachs etc., International Labour Organization, Geneva, 2014. 411 p.
8. Kregel J. Economic development and financial instability. Anthem Press, 2014. 376 p.
9. Mazzucato M. et al. Which industrial policy does Europe need/ Intereconomics. 2015. Vol. 50. № 3. pp.120-155. DOI: 10.1007/s10272-015-0535-1
10. Romano L. Understanding structural divergence in European manufacturing/ Intereconomics. 2016. Vol. 51. № 5. pp.288-294. DOI: 10.1007/s10272-016-0620-0
11. Reinert Erik S. How rich countries got rich and why poor countries stay poor. Moscow, HSE publ., 2017. – 384 p.
12. Гордеев О.И., Гордеев С.О. Развитие промышленности региона в условиях перехода к подъему экономики: стратегия, политика

и средства обеспечения. СПб.: НКП «РОСТ», 2007. 365 с.

13. Факторы устойчивого развития регионов России: монография / под общ.ред. С.С.Чернова. Книга 7. Новосибирск: Изд-во «СИБПРИНТ», 2010. 177 с.

14. Факторы устойчивого развития регионов России: монография / под общ.ред. С.С.Чернова. Книга 9. Новосибирск: Изд-во «СИБПРИНТ», 2010. 275 с.

15. Ковалева Е.Н., Оганова А.А. Несырьевой неэнергетический экспорт России макро- и мезоуровня: основные тенденции развития и направления поддержки // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент. 2018. № 2. С. 36-45.

16. Якушев Н.О. Высокотехнологичный экспорт России и его территориальная специфика // Проблемы развития территории. 2017. № 3. С. 62-77.

17. Бажанов В.А. Обработывающие производства Сибири: состояние, проблемы, прогнозы // Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. 2010. Том 10. Вып. 3. С. 18-33.

18. Kuznetsov S.V., Rastova Yu.I., Sushcheva N.V. The role of public companies in creating a platform for economic growth in Saint Petersburg // Baltic Region. 2018. Vol. 10, № 1. P. 37—55. DOI: 10.5922/2079-8555-2018-1-3.

19. Теория и практика оценки экономической безопасности (на примере регионов Сибирского федерального округа). Новосибирск: изд-во ИЭОПП СО РАН, 2017. 146 с.

20. Промышленный комплекс Омской области: вопросы глобальной интеграции. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2015. 404 с.

21. Алиев А.Б. Исследование проблемы экономической безопасности промышленности и научно-технической сферы // Актуальные вопросы экономических наук. 2012. № 25. С. 177-187.

22. Новикова И.В., Красников Н.И. Методика выделения индикаторов экономической безопасности региона // Terra Economicus. 2009. Т. 7. № 2-3. С. 208-210.

23. Кораблева А.А. Исследование методологических аспектов экономической безопасности региона // Вестник СибАДИ. 2013. № 6. С. 118-125.

24. Калинина Н.М. Экономическая безопасность региона: сущность, угрозы и меры обеспечения // Сибирский торгово-экономический журнал. 2010. № 10. С. 17-23.

25. Еделев А.Л. Стратегическая стабильность и экономическая безопасность субъектов Российской Федерации: монография. М.: Акад. экономической безопасности МВД России, 2007. 116 с.

REFERENCES

1. Abalkin L.I. *Logika ehkonomicheskogo rosta* [Logic of economic growth]. Moscow, Institut ehkonomiki RAN, 2002. 228 p. (in Russian)

2. Bodrunov S. *Novoe industrial'noe obshchestvo vtorogo pokoleniya: chelovek, proizvodstvo, razvitie* [New industrial society of the second generation: man, production, development]. *Obshchestvo i ehkonomika*, 2016, no 9, pp. 5-21. (in Russian)

3. Klejner G.B. *Sistemnaya transformaciya promyshlennosti kak «tverdogo yadra» otechestvennoj ehkonomiki* [Systemic transformation of the industry as a “solid core” of domestic economy]. *Trudy Vol'nogo ehkonomicheskogo obshchestva Rossii*, 2017, T. 207, pp. 210-223. (in Russian)

4. Afonichkina E.A., Afonichkina N.A. *Rol' segmenta obrabatyvayushchej promyshlennosti v razvitii mirovoj ehkonomiki* [Role of the manufacturing segment in the development of the world economy] *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N.Tatishcheva*. 2012. № 3. pp. 25-37. (in Russian)

5. Miller A. Methodological approach to assessment of organizational resources of the productive activity. *Serbian Journal of Management*, no 12 (1) 2017, Pp. 93 – 106. DOI: 10.5937/sjm12-11357.

6. Miller A.E., Miller N.V, Davidenko L.M. Formation of Integrated Industrial Companies under Current Conditions // *Asian Social Science*; Vol. 11, No. 19; 2015. Pp. 70-81. DOI: 10.5539/ass.v11n19p70/

7. *Transforming Economies. Making industrial policy work for growth, jobs and development* / J.M. Salazar - Xirinachs etc., International Labour Organization, Geneva, 2014. 411 p.

8. Kregel J. Economic development and financial instability. Anthem Press, 2014. 376 p.

9. Mazzucato M. et al. Which industrial policy does Europe need / *Intereconomics*. 2015. Vol. 50. № 3. pp.120-155. DOI: 10.1007/s10272-015-0535-1

10. Romano L. Understanding structural divergence in European manufacturing/ *Intereconomics*. 2016. Vol. 51. № 5. pp.288-294. DOI: 10.1007/s10272-016-0620-0

11. Reinert Erik S. How rich countries got rich and why poor countries stay poor. Moscow, HSE publ., 2017. 384 p.

12. Gordeev O.I., Gordeev S.O. Razvitie promyshlennosti regiona v usloviyah v usloviyah perekhoda k pod"emu ehkonomiki: strategiya, politika i sredstva obespecheniya [Development of industry in the region in conditions of economic recovery: strategy, policy and means of support]. St. Petersburg, NKP «ROST», 2007. 365 p. (in Russian)

13. Faktory ustojchivogo razvitiya regionov Rossii: monografiya/ pod obshch.red. S.S.CHernova. Kniga 7. [Factors of sustainable development of Russian regions: monograph]. Novosibirsk: Izd-vo «SIBPRINT», 2010. 177 p. (in Russian)

14. Faktory ustojchivogo razvitiya regionov Rossii: monografiya/ pod obshch.red. S.S.CHernova. Kniga 9. [Factors of sustainable development of the Russian regions: monograph]. Novosibirsk: Izd-vo «SIBPRINT», 2010. 275 p. (in Russian)

15. Kovaleva E.N., Oganova A.A. Nesyr'evoy neehnergeticheskij ehksport Rossii makro- i mezourovnnya: osnovnye tendencii razvitiya i napravleniya podderzhki [Non-raw and non-energy exports of Russia to macro- and meso-level: main development trends and directions of support]. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya EHkonomika i ehkologicheskij menedzhment*, 2018, no 2, pp. 36-45. (in Russian)

16. YAKushev N.O. Vysokotekhnologichnyj ehksport Rossii i ego territorial'naya specifika [High-tech exports of Russia and its territorial specification]. *Problemy razvitiya territorii*, 2017, no 3, pp. 62-77. (in Russian)

17. Bazhanov V.A. Obrabatyvayushchie proizvodstva Sibiri: sostoyanie, problemy, prognozy [Manufacturing industries in Siberia: state, problems, forecasts]. *Vestnik NGU. Seriya: So-*

cial'no-ehkonomicheskie nauki, 2010, Tom 10, Vyp. 3, pp. 18-33.

18. Kuznetsov S.V., Rastova Yu.I., Sushcheva N.V. The role of public companies in creating a platform for economic growth in Saint Petersburg // *Baltis Region*. 2018. Vol. 10, № 1. R. 37-55. DOI: 10.5922/2079-8555-2018-1-3.

19. Teoriya i praktika ocenki ehkonomicheskoy bezopasnosti (na primere regionov Sibirskogo federal'nogo okruga). [Theory and practice of assessing economic security (on the example of the regions of the Siberian federal district)]. Novosibirsk: izd-vo IEHOPP SO RAN, 2017. 146 p. (in Russian)

20. *Promyshlennyy kompleks Omskoj oblasti: voprosy global'noj integracii* [Industrial complex of the Omsk region: issues of global integration]. Novosibirsk: IEHOPP SO RAN, 2015. 404 p. (in Russian)

21. Aliev A.B. Issledovanie problemy ehkonomicheskoy bezopasnosti promyshlennosti i nauchno-tehnicheskoy sfery [Research of the economic safety problem in scientific and technical sphere]. *Aktual'nye voprosy ehkonomicheskikh nauk*, 2012, no 25, p. 177-187. (in Russian)

22. Novikova I.V., Krasnikov N.I. Metodika vydeleniya indikatorov ehkonomicheskoy bezopasnosti regiona [Technique of highlighting the indicators of economic security in the region]. *Terra Economicus*, 2009, T. 7, no 2-3. pp. 208-210. (in Russian)

23. Korableva A.A. Issledovanie metodologicheskikh aspektov ehkonomicheskoy bezopasnosti regiona [Research of methodological aspects of economic security in the region]. *Vestnik SibADI*, 2013, no 6, pp. 118-125. (in Russian)

24. Kalinina N.M. Ekonomicheskaya bezopasnost' regiona: sushchnost', ugrozy i mery obespecheniya [Economic security of the region: the essence, threats and measures to ensure]. *Sibirskij torgovo-ehkonomicheskij zhurnal*, 2010, no 10, pp. 17-23. (in Russian)

25. Edelev A.L. Strategicheskaya stabil'nost' i ehkonomicheskaya bezopasnost' sub"ektov Rossijskoj Federacii: monografiya [Strategic stability and economic security of the Russian Federation regions]. Moscow, Akad. ehkonomicheskoy bezopasnosti MVD Rossii, 2007. 116 p. (in Russian)

Поступила 06.09.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Миллер Максим Александрович (г. Омск, Россия) – д-р экон. наук, доц., заместитель председателя Омского научного центра Сибирского отделения РАН по научной работе ORCID: 0000-0001-8650-9737 (644024, пр. К.Маркса, 15, e-mail: millerma@oscsbras.ru)

проф. кафедры «Экономика и управление человеческими ресурсами», Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского. (644077, пр. Мира, 55а, e-mail: millerma@yandex.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Maxim A. Miller – Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Economy and Human Resources Management Department, Omsk State University named after F.M. Dostoyevsky, Deputy Chairman on scientific work of the Omsk scientific center in Siberian branch of the Russian Science Academy (OSC SB RAS), ORCID ID 0000-0001-8650-9737 (644024, 15, Karl Marks Ave., or 644077, 55a, Mira Ave., e-mail: millerma@yandex.ru).

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ, ПРЕДСТАВЛЯЕМОЙ 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** – (критическое 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 высылается, 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».

Редакция научного рецензируемого журнала Вестник СибАДИ / The Russian Automobile and Highway Industry Journal, издательско-полиграфический комплекс: 644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая, д. 1.

Тел. (3812) 65-88-30.

Редактор – ответственный секретарь «Вестника СибАДИ» – Куприна Татьяна Васильевна

Поступившие в редакцию материалы не возвращаются.

Гонорары не выплачиваются.

Все статьи публикуются бесплатно.

Информация о научном рецензируемом журнале Вестник СибАДИ / The Russian Automobile and Highway Industry Journal размещена на сайте: <http://vestnik.sibadi.org>