

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

ВЕСТНИК СибАДИ

**Том 15, № 3. 2018. Сквозной номер выпуска – 61
(Vol. 15, no. 3. 2018. Continuous issue – 61)**

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Транспортное, горное и строительное машиностроение

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

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

Транспорт

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

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

Строительство и архитектура

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

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

Информатика, вычислительная техника и управление

Чуканов С.Н., д-р тех. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Мещеряков В.А., д-техн. наук, доц., проф. ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Экономические науки

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

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

EDITORIAL BOARD

Transport, mining and mechanical engineering

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

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

Transport

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

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

Construction and architecture

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

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

Informatics, Computer Science and Management

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

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

Economics

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

Щербяков 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, пров. 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

MAIN EDITORIAL BOARD

Korchagin P. A., Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

Shcherbakov V.S., Doctor of Science, Professor of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

Václav Skala, Professor of University of West Bohemia, Pilsen, Czech Republic

Vinnikov Yu. L., Doctor of Science, Poltava National Technical University by Yuri Kondratyuk, Poltava, Ukraine

Gorynin G. L., Doctor of Phys.-Math. of Sciences, prof., of "SurGUHMAO-Yugra", Surgut, Russia

Zhusupbekov A.Zh., Doctor of Science, Professor, Corresponding Member of National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, ENU by L.N. Gumilev, Astana, Kazakhstan

Karpov V.V., Dr. of Econ. , Professor, Omsk Branch of the Federal State Educational Establishment of Finance of the Russian Federation "Financial University under the Government of the Russian Federation", Omsk, Russia

Makeev S.A., Doctor of Science, Professor, FGBOU V SibADI, Omsk, Russia

Nemirovsky Yu.V., Doctor of Phys.-Math. Sciences, professor Federal State Budgetary Institution of Science "The Institute of Theoretical and Applied Mechanics by S.A. Khristianovich" of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Peregud Ya.A. Dr. Econ. Sciences, Professor, Higher School of Economics in Warsaw, Warsaw, Poland

Podshivalov V.P., Doctor of Science, Professor, Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Khmara L.A., Dr. Tech. , Professor, Pridneprovskaya State Academy of Construction and Architecture, Dnepropetrovsk, Ukraine

Эдвин Коźневски, д-р техн. наук, проф., г. Белосток, Польша
Боброва Т.В., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия
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
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

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

Адрес издателя: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5. Тел. +7 (3812) 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 № ФС77-70364 от 13 июля 2017 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ» входит в перечень ведущих периодических изданий, рекомендованных ВАК решением президиума ВАК от 25.02.2011 г.; с 01.12.2015 г. включен в новый список в соответствии с требованиями приказа Минобрнауки России от 25 июля 2014 г. № 793. С 2009 года представлен в научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU и включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Входит в международный каталог Ulrich's International Periodicals Directory. Подписной индекс 66000 в каталоге (АО Агентства "РОСПЕЧАТЬ"). С 2017 г. всем номерам и статьям журнала присваиваются 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 25.06.2018 г. Дата выхода в свет 27.06.2018. Формат 60×84 1/4. 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

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I.

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

А.С. Кадыров, Б.К. Курмашева, Ж.Ж. Жунусбекова, А.Ж. Карсакова

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН
ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕТОДОМ «СТЕНА В ГРУНТЕ» 340**

М.С. Корытов, И.К. Канин

**МЕТОДИКА КОСВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ МАССЫ ГРУЗА,
ПОДНИМАЕМОГО ЭКСКАВАТОРОМ В РЕЖИМЕ КРАНА..... 350**

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

М. А. Арсланов, Ш. М. Минатуллаев, А. А. Филиппов

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ
В ОСТАНОВОЧНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ ПУНКТАХ ПРИ МНОГОКРАТНОМ
ИЗМЕНЕНИИ ПАССАЖИРОПОТОКОВ..... 362**

Ю.О. Глушкова, А.В. Пахомова, А.Р. Асоян

**СРАВНЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ТРОЛЛЕЙБУСА И АВТОБУСА С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА 372**

Ил.В. Денисов, И.А. Терентьев

**РАЗРАБОТКА РЕАЛИЗУЮЩЕГО АЛГОРИТМА МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ОСНАЩЁННЫХ СИСТЕМОЙ КУРСОВОЙ
УСТОЙЧИВОСТИ, НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ 390**

И.С. Ковалёв

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО
ТОРМОЗА-ЗАМЕДЛИТЕЛЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ 400**

В.Е. Овсянников, В.И. Васильев

**К ВОПРОСУ ПРИМЕНИМОСТИ РАСЧЕТНОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ
СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗНОСУ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ПОСЛЕ ТЕРМОДИФфуЗИОННОГО
УПРОЧНЕНИЯ 412**

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Т.В. Боброва, М.С. Ратанин, Е.П. Тимофеева

**ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА
МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ПРИ СТОХАСТИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ
ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ 422**

Ю.В. Краснощеков

**О ПОПЕРЕЧНОЙ СИЛЕ, ВОСПРИНИМАЕМОЙ БЕТОНОМ
В НАКЛОННОМ СЕЧЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 434**

РАЗДЕЛ V. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

А.А. Кораблева, О.Г. Шевелева

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ
В КОНТЕКСТЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ:
ОЦЕНКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ 446**

М.С. Мизя, Е.П. Теев

**ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КАЧЕСТВА ТРУДОВОЙ ЖИЗНИ
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУДА
РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 460**

Н.Н. Чепелева

**МЕТОДОЛОГИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕСУРСНОЙ
СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ: КОНКУРЕНТНЫЙ РЕЙТИНГ 470**

CONTENTS

PART I. TRANSPORT, MINING AND MECHANICAL ENGINEERING

A.S. Kadyrov, B.K. Kurmasheva, Zh.Zh. Zhunusbekova, A.Zh. Karsakova

**INVESTIGATION OF DIGGING MACHINES
FOR CONSTRUCTION BY THE “DIAPHRAGM WALL” METHOD 341**

M.S. Korytov, I.K. Kanin

**INDIRECT MEASUREMENT METHODOLOGY
OF CARGO WEIGHT LIFTED BY THE EXCAVATOR IN THE CRANE MODE 351**

PART II. TRANSPORT

M.A. Arslanov, Sh.M. Minatullaev, A.A. Filippov

**MATHEMATICAL MODEL OF THE ORGANIZATION OF PASSENGERS’
TRANSPORTATION IN STOPPING-TRANS-RELOCATION POINTS
WITH A MULTIPLE CHANGE OF PASSENGER TRAFFIC 363**

Yu. O. Glushkova, A. V. Pahomova, A. R. Asoyan

**COMPARISON OF ECONOMIC EFFECTIVENESS BETWEEN TROLLEY AND
BUS OPERATION PROCESS ACCORDING TO ECOLOGICAL FACTOR..... 373**

Il.V. Denisov, I.A. Terentyev

**DEVELOPMENT OF DIAGNOSTIC METHOD’S REALIZING ALGORITHM OF THE
EQUIPPED WITH THE COURSE STABILITY SYSTEM VEHICLES AT OPERATION STAGE 391**

I.S. Kovalev

**MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION OF THE COMMERTIAL VEHICLE’S
HYDRAULIC RETARDER 401**

V.E. Ovsyannikov, V.I. Vasilyev

**QUESTION OF APPLICABILITY OF THE CALCULATION ASSESSMENT METHOD
OF RESISTANCE FOR DETAILS AFTER THERMAL DIFFUSION HARDENING..... 413**

PART III. CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

T.V. Bobrova, M.S. Ratanin, E.P. Timofeeva

**INFORMATION MODELING OF ORGANIZATION OF BRIDGES’
CONSTRUCTION UNDER STOCHASTIC UNCERTAINTY OF TIME PARAMETERS..... 423**

Y.V. Krasnoshchekov

**LATERAL FORCE PERCEIVED BY CONCRETE IN THE INCLINED SECTION
OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS 435**

PART V. ECONOMICS

A.A. Korableva, O.G. Sheveleva

**TRENDS OF THE MUNICIPAL AREAS OF OMSK REGION DEVELOPMENT
IN THE CONTEXT OF ECONOMIC SECURITY. ESTIMATION WITH
THE APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES 447**

M. S. Mizya, E.P. Tevs

**ASSESSMENT OF IMPORTANCE OF WORKING LIFE QUALITY ELEMENTS
WHILE LABOR EFFICIENCY RESEARCH OF INDUSTRIAL WORKERS 461**

N.N. Chepeleva

**METHODOLOGY OF ENTERPRISE’S RESOURCE STRATEGY
STRUCTURAL ELEMENTS: COMPETITIVE RATING..... 471**

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

УДК 621.878.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕТОДОМ «СТЕНА В ГРУНТЕ»

А.С. Кадыров¹, Б.К. Курмашева¹, Ж.Ж. Жунусбекова¹, А.Ж. Карсакова¹

¹Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Введение. Строительство в Казахстане является одной из ведущих отраслей, оказывающей значительное влияние на развитие огромного количества смежных отраслей экономики Республики Казахстан. Ни одно строительство не обходится без строительной техники. Несмотря на позитивные сдвиги в отрасли с парком основных строительных машин дела по-прежнему обстоят неважно. Приобретение новых базовых машин, оборудованных рабочими органами, очень дорого. Экономически целесообразна разработка навесных рабочих органов на базовые машины, существующие в казахстанских предприятиях.

Материалы и методы. В связи с данной проблемой в предлагаемой статье рассматривается метод морфологического анализа для выявления новых видов рабочих органов землеройных машин. Определены основные классификационные признаки рабочих органов землеройных машин. Установлено количество траекторий движения рабочего органа.

Результаты. Представлено морфологическое дерево, в результате которого выявлены 484 возможных и существующих конструкций рабочих органов землеройных машин. Сформулирован свод условий, исключающих из множества гипотетических рабочих органов неприемлемые варианты, для гидромеханических и механических рабочих органов.

Обсуждение и заключение. Навесное проходческое оборудование может использоваться как для проходки траншей, так и для проходки скважин, что подтверждается полученным патентом на конструкцию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: землеройная машина, рабочий орган, стена в грунте, методика, морфологический анализ, строительство, классификационные признаки, морфологическое дерево, траектория движения, конструкция.

© А.С. Кадыров, Б.К. Курмашева, Ж.Ж. Жунусбекова, А.Ж. Карсакова, 2018



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

INVESTIGATION OF DIGGING MACHINES FOR CONSTRUCTION BY THE “DIAPHRAGM WALL” METHOD

A.S. Kadyrov, B.K. Kurmasheva, Zh.Zh. Zhunusbekova, A.Zh. Karsakova
Karaganda State Technical University,
Republic of Kazakhstan, Karaganda

ABSTRACT

Introduction. Construction in Kazakhstan is one of the leading sectors that has a significant impact on the development of a large number of related industries of the Republic of Kazakhstan. No construction is complete without road construction equipment. Despite the positive developments in the industry including the park of the main construction machinery, things are still more difficult than that. The acquisition of new machine base, with working bodies' equipment is very expensive. It is economically expedient to develop hinged working bodies on the basic machines existing in Kazakhstan enterprises.

Materials and methods. According to the demonstrated problem, the article considers the method of morphological analysis to identify new types of working bodies of digging machines. Moreover, the main classification features of the working bodies of excavating machines are determined in the research and the number of trajectories of the working element's movement is established.

Results. The constructed morphological tree is presented and as a result of such method, the 484 possible and existing designs of working bodies of excavating machines are revealed. A set of conditions for excluding the unacceptable options for hydro mechanical and mechanical working bodies from the hypothetical working bodies is formulated.

Discussion and conclusions. Suspended tunneling equipment could be used for both trenching and well drilling, and such processes are evidenced by the patent for the design.

KEYWORDS: earthmoving machine, working organ, diaphragm wall, methodology, morphological analysis, construction, classification characteristics, morphological tree, trajectory, construction.

© A.S. Kadyrov, B.K. Kurmasheva, Zh.Zh. Zhunusbekova, A.Zh. Karsakova, 2018



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

ВВЕДЕНИЕ

Реализация индустриально-инновационных и инфраструктурных проектов в рамках госпрограмм «Нурлы жол», государственной программы индустриально-инновационного развития и других обеспечивает рост жилищного строительства в Казахстане¹.

Увеличивающиеся плотность и этажность застройки диктуют строительным компаниям новые условия, а именно: применение технологий подземного строительства, перенос активных объектов городского ландшафта – магазинов, парковок, пешеходных переходов – под землю. В последнее время актуальность задачи возросла в связи с появившимся и ежегодно растущим спросом на подземные многоуровневые автостоянки, расположенные под строящимися жилыми домами.

В стесненных, сложных городских условиях строительство новых зданий и технических сооружений, как правило, проводится с применением технологии «стена в грунте».

Технология «стена в грунте» – один из наиболее современных, инновационных строительных методов возведения фундаментов зданий или установки ограждающих конструкций, он также широко применяется в городах для постройки подземных тоннелей, метро, автостоянок, гаражей. При этом способе не отрываются котлованы и не возникает необходимость разрушения рядом стоящих зданий. Также позволяет избежать дорогостоящих работ по водоотливу, водопонижению, замораживанию и цементации грунтов, дает возможность экономить строительные материалы, снижает энергоемкость строительства [1, 2].

Реализация такой технологии невозможна без специального, мощного и высокопроизводительного землеройного оборудования, в частности бурильных и фрезерных машин. Разработка новых высокопроизводительных рабочих органов землеройных машин, специально предназначенных для технологии «стена в грунте», позволит значительно повысить эффективность этого способа. Приобретение базовых машин, оснащенных рабочими органами для проходки траншеи и скважин, очень дорого. Экономически целесообразна

разработка навесных рабочих органов на существующие в казахстанских предприятиях базовые машины, что позволит повысить эффективность строительства за счет уменьшения капиталовложений. В связи с этим задача разработки методов расчета конструкций и определения режимов работы рабочих органов землеройных машин является актуальной.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Суть предлагаемого способа заключается в прогнозировании методом динамического морфологического анализа гипотетических конструкций рабочих органов землеройных машин.

Применяется следующая последовательность для достижения цели:

- определение классификационных признаков;
- установление количества траекторий движения рабочего органа;
- установление множества гипотетических конструкций рабочего органа.

Классификационными признаками приняты:

1. Способ разрушения грунта:
 - механический, гидромеханический и струйный. Гидромеханический способ подразумевает, что резец рабочего органа оснащен соплом, включающимся при увеличении прочности грунтов [3]. Струйный подразумевает разрушение грунта струей высокого давления².
2. Траектория движения инструмента.
3. Среда функционирования: жидкая (глинистый раствор, вода), воздух.
4. Способ транспортирования разрушенного грунта: механический (шнек, ковш, винт, элеватор), гидравлический (грунтовой насос или эрлифт).
5. Цикл работы: непрерывный, позиционный, циклический.
6. Навеска рабочего органа на базовую машину: жесткая, гибкая.

Способы разрушения грунта по морфологическому дереву дают нам три варианта рабочего органа.

Важнейшим классификационным призна-

¹ Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015–2019 годы. Указ Президента Республики Казахстан от 1 августа 2014 года № 874.

² Нурлы Жол – путь в будущее. Послание Президента Республики Казахстан от 11 ноября 2014 года.

³ Кадыров А.С., Курмашева Б.К., Жунусбекова Ж.Ж. Морфологический анализ конструкций машин, применяемых при строительстве траншейных фундаментов // Достижение высокой химии: материалы 10-й Междунар. науч.-практ. конф. – София: ООД «Бял ГРАД-БГ», 2014. – Т.15. – С. 13–19.

ком является траектория движения рабочего органа. Введение его в морфологическое дерево позволяет сделать морфологический анализ динамическим методом прогнозирования. По общности характера нагружения разделим траектории на три группы: к первой группе отнесем траектории с поступательным движением, включая наклонные переносные движения; ко второй группе – траектории, имеющие поступательное и одно вращательное движение; к третьей – поступательное и два вращательных движения (рисунок 1) [4].

Количество элементарных движений (степеней свободы) является необходимой информацией при конструировании привода рабочего органа. Каждое элементарное движение может создаваться отдельными или общим приводом и какой-либо трансмиссией.

Существуют рабочие органы, состоящие из двух или нескольких отдельных элементов, например, двухбаровая машина, многоковшовый экскаватор и т.д.

Траектория движения элементов рабочего органа таких машин одинакова или симметрична. Симметричность позволяет достигать уравновешивания реактивных моментов. В связи с этим при анализе нагружения рабочего органа необходимо учитывать, что движение рабочего органа может осуществляться, например, по двум симметричным или нескольким одинаковым траекториям. Предварительный анализ возможных траекторий показывает, что к первой группе относятся рабочий орган экскаваторов, драглайнов, скребков, ко второй – бурильных и фрезерных машин, дисковых щелерезов. К третьей – машины, оснащенные инструментом, имеющий два элементарных вращения, например шарошками, используемыми при бурении скважин при добыче нефти или газа. Объединяет все эти машины физический процесс разрушения грунта резанием.

Далее по результатам анализа построено морфологическое дерево (рисунок 2) [5]. Исходя из матрицы на рисунке 2 включено 28 тра-

екторий. Гидромеханические рабочие органы будут иметь столько же траекторий движения. В соответствии с этой схемой в дерево включится 9 траекторий движения струйных рабочих органов. Учтем третий классификационный признак – среду функционирования. Струйные и гидромеханические рабочие органы могут функционировать только в жидкой среде, механические также в сухом забое. Внесение в дерево этих признаков увеличивает количество траекторий на 28.

Учтем способ транспортирования разрушенного грунта. В струйном и гидромеханическом способе разрушения транспортирование может осуществляться только гидромонитором и (или) эрлифтом. При механическом разрушении грунта транспортирование возможно шнеком (Ш), ковшом (К), винтом (В), элеватором (Э).

На конечных ветвях дерева получили 484 возможных рабочих органа. В пределах данной работы не рассматриваются струйные рабочие органы, в связи с этим далее сформулирован свод условий, исключающих из множества гипотетических рабочих органов неприемлемые варианты для гидромеханических и механических рабочих органов:

- рабочий орган обязательно должен иметь траекторию движения;
- при наличии двух возможных симметричных траекторий движения в одном рабочем органе число элементов из условия динамической стабилизации реактивных моментов должно быть только четным;
- при гидромеханическом разрушении грунта невозможны механический и пневматический способы транспортирования;
- при циклической работе машины невозможно транспортирование шнеком, элеватором, пневмотранспортером, гидротранспортером;
- транспортирование шнеком, элеватором и пневмотранспортером исключается в среде глинистого раствора [6].

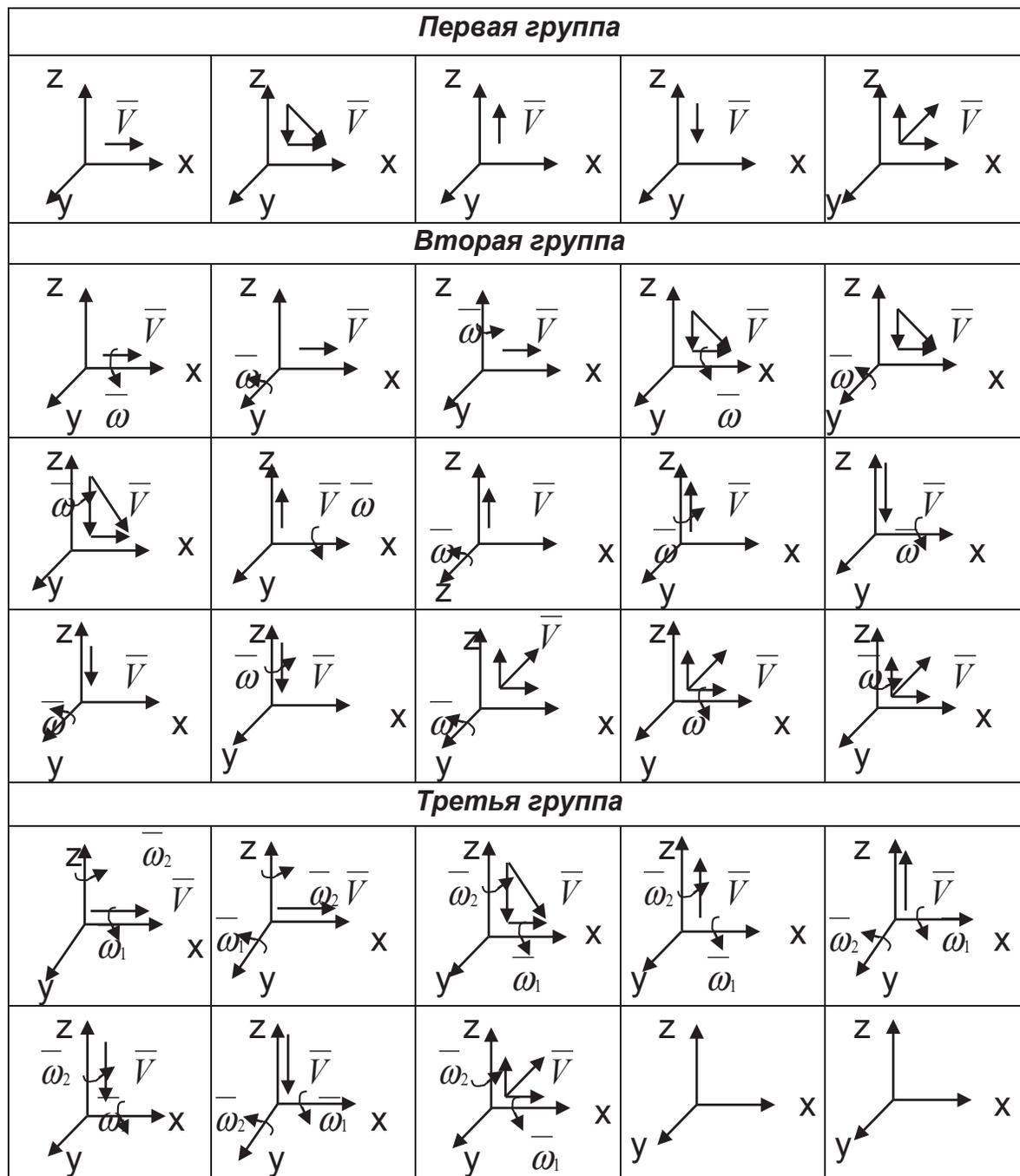


Рисунок 1 – Группы нагружения рабочего органа

Figure 1 – Groups of working body loading

Источник: группы нагружения выявлены на основе траектории движения рабочих органов землеройных машин

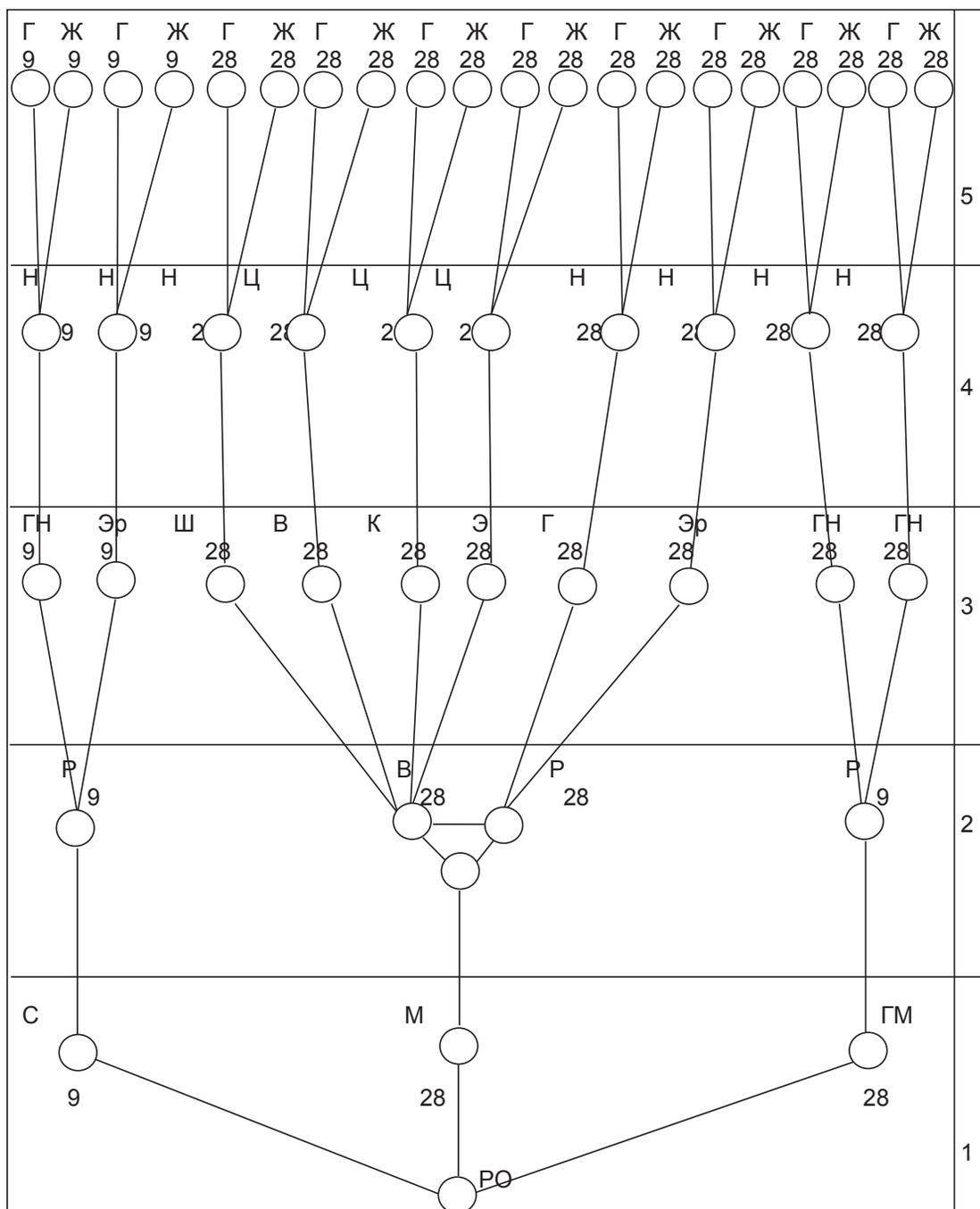


Рисунок 2 – Морфологическое дерево рабочих органов
Примечание. 1 уровень – способ разрушения грунта; 2 уровень – среда функционирования; 3 уровень – способ транспортирования; 4 уровень – цикл работы; 5 – навеска на базовую машину; С – струйный; М – механический; ГМ – гидромеханический; Р – раствор; В – вода; ГН – грунтовый насос; Эр – эрлифт; Ш – шнек; В – винт; Э – элеватор; Г – гидромонитор; Н – непрерывный; Ц – циклический; Г – гибкая; Ж – жесткая; n – количество траекторий движения

Figure 2 – Morphological tree of working organs
Note. Level 1 – a way of the ground destruction; level 2 – functioning environment ; level 3 – the way of transportation; level 4 – work cycle; level 5 – base machine hitching; l – inkjet; M – mechanical; HM – hydromechanical; S – solution; W – water; GP – ground pump; Ai – airlift; Au – auger; S – screw; E – elevator; HM – hydromonitor; Con – continuous; C – cyclic; F – flexible; R – rigid; n – number of motion trajectories

Источник: морфологическое дерево построено автором на основе классификационных признаков рабочих органов

Далее приводится описание возможной конструкции рабочего органа землеройной машины, применяемое при строительстве способом «стена в грунте».

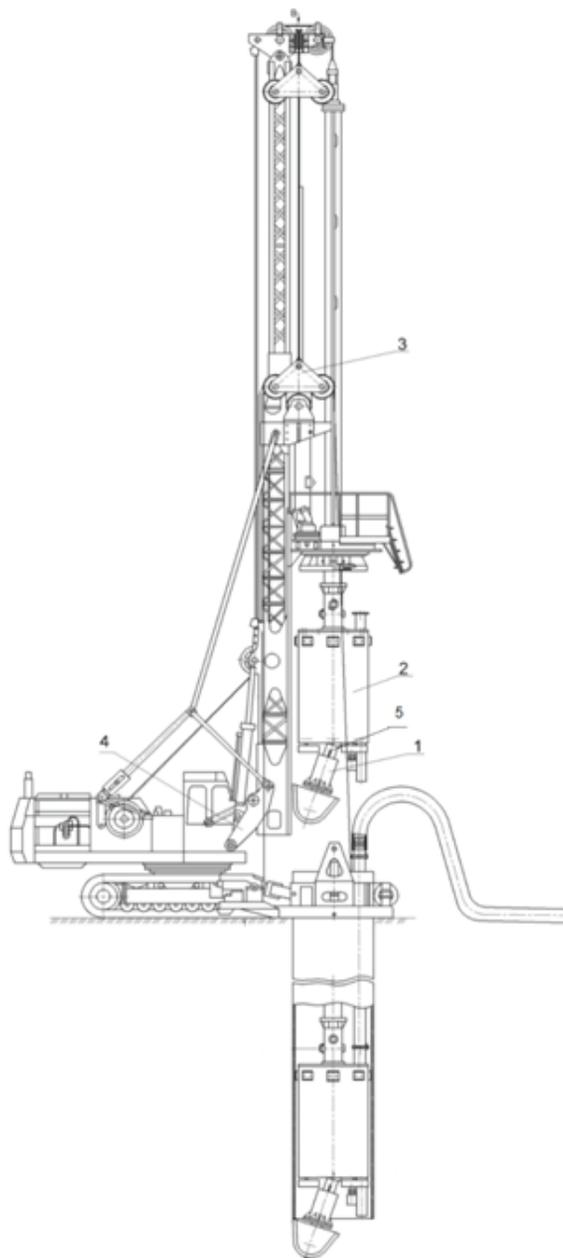
Оборудование проходческое навесное ОПН-1 служит как для проходки траншей, так и для проходки скважин³.

Оборудование проходческое ОПН-1 является навесным рабочим органом к экскаватору ЭО-5122А [7, 8]. Его составными элементами являются исполнительный орган 1, колонна 2, полиспастная система 3, система управления 4 [9].

Исполнительный орган оборудования проходческого ОПН-1 состоит из резцовой коронки 1, проставки 2, рукояти 3, редуктора планетарного 4, гидромотора 5 (рисунок 3).

Резцовая коронка исполнительного проходческого органа оборудования заимствована с проходческого комбайна ГПК [10, 11, 12]. Она оснащена резцами типа РКС. В полости резцовой колонки размещен планетарный редуктор. У основания резцовой колонки сварен фланец, к которому крепится вращающаяся часть планетарного редуктора⁴.

Рукоять исполнительного органа представляет собой ступенчатую стреловидную конструкцию круглого сечения. С определенным соотношением плеч на рукояти размещен шарнирный узел для крепления исполнительного органа к колонне. Шарнирная подвеска обеспечивает исполнительному органу две степени свободы во взаимно перпендикулярных плоскостях. Торец рукояти, обращенный к забою, имеет фланец, к которому болтами крепится проставка. Проставка выполняет роль центрирующей втулки. По обе стороны к ней соосно крепятся гидромотор и планетарный редуктор. Противоположный конец рукояти выполнен в виде цилиндрического хвостовика со шпонкой по всей его длине. Хвостовик рукояти находится в контакте с планшайбой механизма регулировки угла наклона исполнительного органа. При поступательном перемещении планшайбы вдоль хвостовика рукояти осуществляется регулировка угла наклона исполнительного органа относительно оси скважины. Изменением угла наклона достигается разработка скважины диаметром до 1 700 мм [13, 14].



*Рисунок 3 – Оборудование проходческое навесное
1 – орган исполнительный; 2 – колонна;
3 – система полиспастная; 4 – система управления;
5 – гидромотор*

*Figure 3 – Tunneling attachments
1 – executive body; 2 – column; 3 – collapsible system;
4 – control system; 5 – hydromotor*

Источник: [7]

³ Иннов. пат. 31163 РК. Оборудование для бурения скважин переменного диаметра / А.С. Кадыров, Ж.Ж. Жунусбекова, Ш.М. Сериков, Ж.К. Омаров; опубл. 23.09.2015, Бюл. № 5. – 3 с.

⁴ Фомин С.И. Основы технологии горного производства: учебное пособие. СПб. : СПбГИ им. Г.В. Плеханова (техн. ун-т), 1993. – 123 с.

Привод проходческого оборудования – гидромеханический с бесступенчатым регулированием скорости вращения резцовой колонки. Гидромотор подключен к гидросистеме базовой машины. Крутящий момент, развиваемый гидромотором, усиливается планетарным редуктором и передается на фрезы посредством шлицевой муфты.

Разработка грунта при бурении и его планировании поступательным движением рабочего органа производится соответствующими грунторазрушающими головками. Грунторазрушающая головка соединена с фланцем кронштейна, который является соединительным элементом рабочего органа с рукоятью экскаватора. Конструктивные параметры кронштейна удовлетворяют условию взаимозаменяемости сменного оборудования.

Приводом для грунторазрушающей буровой головки является гидромотор, который питается от маслостанции базовой машины. Напорная и сливная магистрали комплектуются из трубопроводов и дополняются рукавами высокого давления в местах шарнирного сочленения стрелы, рукояти и рабочего органа между собой.

Внедрение рабочего органа в грунт (бурение) и его поступательное перемещение (планирование) осуществляется напорным усилием гидроцилиндров стрелы и рукояти, а также крутящим моментом гидромотора рабочего органа. Рабочий орган установки ОПН-1 на первом этапе осуществляет забуривание, а затем происходит сплошная отработка забоя [15].

ВЫВОДЫ

Новизной проведенного морфологического анализа является включение траекторий движения рабочих органов в классификационные признаки, что позволяет разработать уравнения их движения.

Таким образом, необходимыми и достаточными признаками для однозначной характеристики конструкции рабочего органа являются способ разрушения грунта, характеристика рабочей среды, вид исполнения разрушающего и транспортирующего орудия, способы транспортирования, режим работы (технологический), вид навески рабочего оборудования и траектории движения рабочих органов.

Число сочетаний данных признаков обуславливает размер множества выражений, описывающих конструкции гипотетических рабочих органов. Полученное множество вы-

ражений послужит в дальнейшем базой для составления дифференциальных уравнений движения рабочих органов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kadyrov A.S., Muldagaliev Z.A., Nurmaganbetov A.S., Kurmasheva B.K. Theoretical bases of designing boring and milling digging machines. Monograph. Karaganda: Sanat-Poligraphy, 2010. 220 p.
2. Федоров Д.И. Рабочие органы землеройных машин. М.: Машиностроение, 1990. 360 с.
3. Хамзин С.К. Основы строительного производства. Астана: Фолиант, 2006. 317 с.
4. Zhunusbekova Zh. Zh., Kadyrov A. S. Study of digging machine flat element loading in clay solution // Scientific Bulletin of National Mining University Scientific and technical journal. № 2 (152), Dnipropetrovsk, State Higher Educational Institution "National Mining University", 2016. pp. 30-34.
5. Zhunusbekova Zh. Zh. Classification of forecasting methods of transport equipment. Chemia i chemiczne technologie techniczne nauki ekologia nauk biologicznych geografia I geologia rolnictwo medycyna. NR 5 (136) 2015. Przemysl. Nauka I studia. pp. 38-42.
6. Кадыров А.С., Жунусбекова Ж.Ж. Стенд СПУ-2 // Materials of the XI International scientific and practical conference, «Science without borders», March 30 – April 7, 2015. Technical sciences. Volume 23 Sheffield Science and education LTD. S.44-46
7. Кадыров А.С., Мулдагалiev З.А., Жунусбекова Ж.Ж., Сериков Ш.М. Оборудование для бурения скважин переменного диаметра // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 3(86). С.128–132.
8. Саськов Р.В. Экскаваторы одноковшовые полноповоротные. М.: АВС, 2014. 350 с.
9. Беркман И.Л., Раннев А.В., Рейш Ф.К. Универсальные одноковшовые строительные экскаваторы. М.: Высшая школа, 1977. 388 с.
10. Ищук И.Г. Средства комплексного обеспыливания горных предприятий. М.: Недра, 1991. 252 с.
11. Кантович Л.И., Гетопанов В.Н. Горные машины. М.: Недра, 1989. 304 с.
12. Шешко Е.Е. Горно-транспортные машины и оборудование для открытых работ. М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2003. 264 с.
13. Зайков В.И., Берлявский Г.П. Эксплуатация горных машин и оборудования. М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2006. 257 с.

14. Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров. М.: МГГУ, 2007. 680 с:

15. Кадыров А.С. Теоретические основы проектирования и расчета бурильных и фрезерных землеройных машин: монография. Караганда: Санат-Полиграфия. 2010. 220 с.

REFERENCES

1. Kadyrov A.S., Muldagaliev Z.A., Nurmagambetov A.S., Kurmasheva B.K., Zhunusbekova Zh.Zh. Theoretical bases of designing boring and milling digging machines. Monograph. Karaganda: Sanat-Poligraphy, 2010. 220 p.

2. Fedorov D.I. Rabochie organy zemleroinykh mashin [Working bodies of digging machines]. Moscow, Mashinostroenie, 1990. 360 p.

3. Hamzin S.K. Osnovy stroitel'nogo proizvodstva [Bases of construction production]. Astana: Foliant, 2006. 317 p.

4. Zhunusbekova Zh. Zh., Kadyrov A. S. Study of digging machine flat element loading in clay solution. Scientific Bulletin of National Mining University Scientific and technical journal, Dnipropetrovsk, State Higher Educational Institution "National Mining University", 2016, no. 2 (152), pp. 30-34.

5. Zhunusbekova Zh. Zh. Classification of forecasting methods of transport equipment. Chemia i chemiczne technologie techniczne nauki ekologia nauk biologicznych geografia I geologia rolnictwo medycyna. NR 5 (136) 2015. Przemysl. Nauka I studia. pp.38-42.

6. Kadyrov A.S., Zhunusbekova Zh.Zh. Stend SPU-2 [Stand SPU-2]. Materialy XI mezhdunarodnoi nauchnoi I prakticheskoi konferensii Science without borders, 2015, no 23, pp. 44-46.

7. Kadyrov A. S., Zhunusbekova Zh.Zh., Serikov Sh. M., Omarov Zh.K. Oborudovanie dlja burenija skvazhin peremennogo diametra. [Equipment for drilling of bore holes of variable diameter]. Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk, 2016. №03(86), pp.128–132.

8. Saskov R.V. Ekskavatory odnokovshye polnoporotnye [Excavating machines, single-bucket, full-turn]. Moscow, ABC, 2014. 350 p.

9. Berkman I.L., Rannev A.V., Reish F.K. Universal'nye odnokovshyve stroitel'nye ekskavatory [Universal one-bucket construction excavators]. Moscow, Vysshaja shkola, 1977. 388 p.

10. Ishuk I.G. Sredstva kompleksnogo obespylivaniya gornyx predpriyatii [Means of complex dedusting of mining enterprises]. Moscow, Nedra, 1991. 252 p.

11. Kantovich L.I., Getopanov V.N. Gornye mashiny [Mountain machines]. Moscow, Nedra, 1989. 304 p.

12. Sheshko E.E. Gorno-transportnye masiny i oborudovanie dlja otkrytykh работ [Mining machinery and equipment for open works]. Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 2003, 264 p.

13. Zaikov V.I., Berljavskii G.P. Ekspluatatsiya gornyx mashin i oborudovaniya [Operation of mining machines and equipment]. Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 2006. 257 p.

14. Poderni R.U. Mehanicheskoe oborudovanie kar'erov [Mechanical equipment of quarries]. Moscow, MGGU, 2007. 680 p.

15. Kadyrov A.S. Theoretical bases of planning and calculation of borings and millings earthmovers [Theoretical bases of designing and calculation of drilling and milling earth-moving machines.]. Monograph.Karaganda: Sanat-Poligrafia, 2010. 220 p

Поступила 30.03.2018, принята к публикации 25.06.2018.

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

Кадыров Адиль Сураатович (Караганда, Казахстан) – д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Транспортная техника и логистические системы» (ТТ и ЛС), КарГТУ, (100027, Республика Казахстан, г. Караганда, бульвар Мира, 56, e-mail: adil.suratovich@gmail.com).

Курмашева Бахыт Куанышевна (Караганда, Казахстан) – канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Транспортная техника и логистические системы», КарГТУ, (100027, Республика Казахстан, г. Караганда, бульвар Мира, 56, e-mail: happiness_b@mail.ru)

Жунусбекова Жанара Жумашкызы (Караганда, Казахстан) – доктор PhD, старший преподаватель кафедры «Транспортная техника и логистические системы», КарГТУ, (100027, Республика Казахстан, г. Караганда, бульвар Мира, 56, e-mail: zhzhzh_84@mail.ru).

Карсакова Акбопе Жолаевна (Караганда, Казахстан) – докторант кафедры «Транспортная техника и логистические системы», КарГТУ, (100027, Республика Казахстан, г. Караганда, бульвар Мира, 56, e-mail: karsakova84@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kadyrov Adil Suratovich (Karaganda, Republic of Kazakhstan) - Doctor of Technical Science, Professor of the Transport Technology and Logistic Systems Department, Karaganda State Technical University (KSTU). (100027, Republic of Kazakhstan, Karaganda, 56, Mira Ave., e-mail: adil.suratovich@gmail.com).

Kurmasheva Bakhyt Kuanyshevna (Karaganda, Republic of Kazakhstan) - Candidate of Technical Sciences, Senior Teacher of the Transport Technology and Logistic Systems Department, Karaganda State Technical University (KSTU). (100027, Republic of Kazakhstan, Karaganda, 56, Mira Ave., e-mail: happiness_b@mail.ru).

Zhunusbekova Zhanara Zhumashkyzy (Karaganda, Republic of Kazakhstan) - Doctor PhD, Senior Teacher of the Transport Technology and Logistic Systems Department, Karaganda State Technical University (KSTU). (100027, Republic of Kazakhstan, Karaganda, 56, Mira Ave., e-mail: zhzhzh_84@mail.ru).

Karsakova Akbope Zholaevna (Karaganda, Republic of Kazakhstan) - Doctoral Student of the Transport Technology and Logistic Systems Department, Karaganda State Technical University (KSTU). (100027, Republic of Kazakhstan, Karaganda, 56, Mira Ave., e-mail: karsakova84@mail.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Кадыров А.С. Исследование состояния вопроса, постановка задачи исследования, анализ результатов исследования. Проектирование конструкции проходческого навесного оборудования ОПН-1.

Курмашева Б.К. Проведение морфологического анализа гипотетических конструкций рабочих органов землеройных машин. Редактирование текста статьи.

Жунусбекова Ж.Ж. Обработки материала по теме исследования, построение морфологического дерева рабочих органов землеройных машин.

Карсакова А.Ж. Выполнение сбора материала. Редактирование текста статьи и подготовка её к опубликованию.

AUTHOR CONTRIBUTION

Kadyrov Adil Suratovich. Investigation of the problem, statement of the research task, analysis of the research results. Designing of the construction of the OPN-1 passive equipment.

Kurmasheva Bakhyt Kuanyshevna. Conducting a morphological analysis of hypothetical structures of the earth-moving machines' working organs. Editing the text of the article.

Zhunusbekova Zhanara Zhumashkyzy. Presenting the material collection. Editing the text of the article and preparing it for publication.

УДК 621.87

МЕТОДИКА КОСВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ МАССЫ ГРУЗА, ПОДНИМАЕМОГО ЭКСКАВАТОРОМ В РЕЖИМЕ КРАНА

М.С. Корытов¹, И.К. Канин²

¹ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

²ИП Канин И.К., г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Предложена методика и разработана математическая модель для решения задачи косвенного измерения массы груза, поднимаемого экскаватором в режиме крана, по показаниям датчиков давления гидравлической жидкости в поршневой и штоковой полостях гидроцилиндров подъема стрелы. Используются также сигналы с датчиков углов наклона стрелы и рукояти относительно гравитационной горизонтали, датчиков крена и тангажа поворотной колонки экскаватора относительно гравитационной горизонтали.

Материалы и методы. В качестве исходных данных методики косвенного измерения массы груза используются постоянные конструктивные параметры, известные постоянные массы подвижных звеньев: стрелы с гидроцилиндром рукояти, рукояти с гидроцилиндром ковша и механизмом поворота ковша, масса ковша. Используется также ряд постоянных линейных и угловых размеров машины. Для получения аналитических формул методики использованы метод однородных координат, а также метод прямого аналитического вывода.

Результаты. Представлена разработанная расчетная схема способа. Положение крана-экскаватора описывается в правой прямоугольной системе координат. Представлена методика косвенного измерения массы груза по показаниям датчиков давления гидравлической жидкости в виде линейной последовательности формул.

Обсуждение и заключение. Проведена оценка точности разработанной методики путем сопоставления с результатами натурального эксперимента. Относительная приведенная погрешность измерения в исследуемом диапазоне измерения углов стрелы и рукояти крана-экскаватора составила менее десяти процентов. К достоинствам методики относятся ее простота, а также учет значений углов крена и тангажа поворотной колонки крана-экскаватора.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кран-экскаватор, масса груза, измерение, давление, крен, тангаж.

© М.С. Корытов, И.К. Канин, 2018



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

INDIRECT MEASUREMENT METHODOLOGY OF CARGO WEIGHT LIFTED BY THE EXCAVATOR IN THE CRANE MODE

M.S. Korytov¹, I.K. Kanin²

¹FGBOU VO «SIBADI», Omsk, Russia

²IP. Kanin I.K., Moscow, Russia

ABSTRACT

Introduction. To solve the indirect measurement problem of the cargo weight lifted by the excavator in crane mode the authors propose the specific method and develop mathematical model according to the indications of hydraulic fluid pressure sensors in the piston and rod cavities of boom lifting cylinders. Moreover, the signals from the angle sensor of the boom and the handle relative to the gravity horizon are used, the roll and pitch sensors of the rotary column of the excavator relative to the gravity horizon are additionally applied.

Materials and methods. As initial data of the indirect measurement method of cargo mass, constant design parameters, constant masses of moving links are used, such as booms with handle hydraulic cylinder, handles with bucket hydraulic cylinder and bucket turning mechanism, bucket weight. In addition, constant linear number and angular machine dimensions are included in the investigation. To obtain analytical formulas of the method, the method of homogeneous coordinates is applied, as well as the method of direct analytical inference.

Results. The developed design scheme of the method is presented. As a result, the position of the excavator crane is described in the right-hand rectangular coordinate system. Moreover, the technique of indirect measurement of cargo mass according to the indications of hydraulic fluid pressure sensors in the form of formulae linear sequence is presented.

Discussion and conclusion. The accuracy of the developed method was estimated by comparison with the results of the full-scale experiment. The relative reduced measurement error in the range of boom angles' measurement and the crane-excavator handle was less than ten percent. Therefore, the technique merits are its simplicity, as well as record of the roll and pitch angles of the crane-excavator turntable element.

KEYWORDS: crane-excavator, cargo mass, measurement, pressure, roll, pitch.

© M.S. Korytov, I.K. Kanin, 2018



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

ВВЕДЕНИЕ

Повышение производительности общестроительных работ может быть достигнуто за счет универсализации и расширения технологических возможностей строительной техники и прежде всего одного из ее основных видов, одноковшовых экскаваторов. Перспективными в этом плане являются унифицированные рабочие органы одноковшовых экскаваторов, позволяющие выполнять различные технологические операции, в первую очередь грузоподъемные [1].

Грузоподъемное устройство экскаватора может быть закрепленным или съемным. Это устройство может быть размещено на ковше, рукояти или любой другой части машины или быть независимым¹.

Наиболее распространенным примером может служить оснащение ковша экскаватора дополнительным навесным устройством в виде крюковой подвески с крюком откидного типа либо приваренным при помощи сварки крюком. Это позволяет выполнять при помощи одной машины производство земляных работ в режиме экскаватора и перемещение грузов, погрузочно-разгрузочные работы в крановом режиме.

В то же время при выполнении любой машиной, например экскаватором, в режиме крана операций подъема и перемещения груза возникает необходимость измерения массы груза, в частности, для предотвращения перегрузки машины и обеспечения ее безопасной работы.

Это обуславливает необходимость разработки методики измерения массы поднимаемого груза с учетом кинематики машины.

Для измерения массы в разных областях техники применяются различные подходы. Основным способом измерения массы груза, поднимаемого и перемещаемого машиной, является измерение силы, действующей на элементы ее конструкции.

В работах [2, 3, 4] авторами предлагается

бесконтактный способ оценки предельно-допустимых значений массы груза, поднимаемого (перемещаемого) грузоподъемными машинами, по значению величины напряженности магнитного поля, которое создается двигателем постоянного тока. Измерение слабого магнитного поля при этом производится на основе феррозондовых датчиков [4]. Подобный подход может быть использован только для машин с электрическим приводом.

Динамическое взвешивание сыпучих материалов на поточном расходомере-дозаторе осуществляют с помощью силоизмерительных аналоговых датчиков (тензометрического типа), воспринимающих силы тяжести как конвейерной ленты, так и груза на ней².

Измерительная система для взвешивания отходов металла, перемещаемых грузоподъемным краном, включает датчик массы, устанавливаемый на крюке крана [5]. Для кранов мостового и башенного типов, кроме взвешивания на крюке, применяют еще несколько типовых схем взвешивания: взвешивание на траверсе, взвешивание грузовой тележки, измерение натяжения каната, взвешивание на блоке роликов полиспаста³. Крановые весы, висящие на крюке крана, должны иметь разрешение Ростехнадзора на применение в качестве съемного грузозахватного приспособления⁴. Для плавучих судов распространен способ определения массы груза по осадкам судна [6].

Ряд авторов для измерения массы материала, поднимаемого машиной с гидравлическим приводом оборудования, предлагает использовать давления гидравлической жидкости в поршневой и штоковой полостях гидроцилиндров подъема подвижных звеньев оборудования. Подход, основанный на измерении массы груза по давлениям в силовых гидроцилиндрах рабочего оборудования, характеризуется большей безопасностью по сравнению с весами, висящими на крюке крана. Есть примеры успешного применения данного подхода для

¹ ГОСТ Р ИСО 20474–1–2011. Машины землеройные. Безопасность. Часть 1. Общие требования. Введ. 2013–01–01. М. : Стандартинформ, 2012. 20 с.

² Кравов М.Р., Шестов Д.А., Шилин Д.В. Динамическое взвешивание сыпучих материалов на поточном расходомере-дозаторе // Автоматизация, мехатроника, информационные технологии: материалы VII Международной научно-технической интернет-конференции молодых ученых. Омск: ОмГТУ, 2017. С. 55–57.

³ Схемы взвешивания грузов подъемными кранами [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://etalon-vesprom.ru/shemyi-vzveshivaniya-gruzov-podemnyimi-kranami/>, свободный (дата обращения : 26.04.2018).

⁴ Крановые весы бывают разными – опасными и безопасными! [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://m.tenso-m.ru/publications/330/>, свободный (дата обращения : 26.04.2018).

таких машин, как фронтальные погрузчики⁵, а также грузоподъемные краны с телескопической стрелой⁶.

Авторами [7, 8] разработано экспериментальное устройство для гидравлического взвешивания груза на базе стенда FESTO «Гидравлика» с применением промышленного контроллера. Устройство воспроизводит подъем груза фронтальным погрузчиком.

Масса груза при загрузке карьерных автосамосвалов определяется по давлению газа в цилиндрах подвески кузова [9].

Авторами работы [10] при помощи эмпирических коэффициентов при измерении массы материала в ковше экскаватора по давлениям жидкости в гидроцилиндрах стрелы учитываются силы трения и динамические моменты инерции подвижных звеньев.

В работе [11] описывается система индикации момента нагрузки автомобильного крана, которая включает датчик угла стрелы, датчик длины телескопической стрелы, датчики давления в полостях силового гидроцилиндра подъема стрелы, антиблокировочный выключатель, индикатор, установленный в кабине автокрана. Работа системы моделируется при помощи имитационной модели.

Как правило, косвенно измеренная масса груза, перемещаемого грузоподъемной машиной, используется в качестве одного из информационных параметров комплексной автоматизированной системы безопасности машины [12, 13, 14].

Проведенный анализ показывает, что для гидравлических одноковшовых экскаваторов наиболее простым и надежным способом определения массы груза является косвенное измерение ее по давлениям гидравлической жидкости в поршневой и штоковой полостях гидроцилиндров рабочего оборудования.

Силовыми элементами в гидравлическом одноковшовом кране-экскаваторе являются гидроцилиндры стрелы, рукояти и ковша. В режиме работы крана ковш максимально повернут к рукояти на постоянный конструктивно заданный угол. Силу для определения массы груза целесообразно измерять на основе давлений гидравлической жидкости в попарно объединенных поршневых и штоковых полостях двух гидроцилиндров подъема стрелы.

Необходим вывод математических зависимостей, соответствующих кинематической схеме экскаватора, позволяющих решать поставленную задачу косвенного измерения массы груза по давлениям.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Положение крана-экскаватора описывается в правой прямоугольной системе координат (СК) $O_0X_0Y_0$, начало которой находится в точке оси вращения стрелы относительно поворотной колонки (в точке нижнего шарнира стрелы). Ось O_0X_0 указанной СК параллельна гравитационной горизонтали, а ось O_0Y_0 – гравитационной вертикали.

Согласно расчетной схеме (рисунок 1), в точке нижнего шарнира стрелы находится также начало СК $O_1X_1Y_1$. Ось O_1X_1 , указанная СК, параллельна гравитационной горизонтали и совпадает с осью O_0X_0 , а ось O_1Y_1 находится в плоскости вращения стрелы. Угол крена колонки между осями O_0Y_0 и O_1Y_1 равен β (на схеме рисунка 1 не показан).

В точке нижнего шарнира стрелы находится также начало СК $O_2X_2Y_2$, связанной с поворотной колонкой. Ось O_2Y_2 параллельна оси вращения поворотной колонки относительно базового шасси, а ось O_2X_2 расположена в плоскости, параллельной плоскости поворота стрелы.

В точке нижнего шарнира стрелы находится также начало СК $O_3X_3Y_3$, связанной со стрелой. Ось O_3X_3 соединяет точку нижнего шарнира стрелы O_3 и точку верхнего шарнира стрелы O_4 (точку оси вращения рукояти относительно стрелы).

В точке верхнего шарнира стрелы O_4 находится начало СК $O_4X_4Y_4$, связанной с рукоятью. Ось O_4X_4 соединяет точку оси вращения рукояти O_4 и точку 4 оси вращения крюка.

Направления всех углов для рассматриваемого расположения осей СК будут положительными при вращении на расчетной схеме по часовой стрелке.

Первичные информационные параметры. В качестве первичных информационных параметров методики косвенного измерения массы груза, поднимаемого экскаватором в режиме крана, по показаниям датчиков, выступают следующие: P_p – давление гидравлической

⁵Корытов М.С. Разработка методов измерения массы материала в ковше и запаса устойчивости фронтального погрузчика : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.04 / Корытов М. С. Омск, 1999. 22 с.

⁶Коровин К.В. Автоматизированная система ограничения массы поднимаемого груза стреловых грузоподъемных кранов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / Коровин К.В. Челябинск, 2010. 22 с.

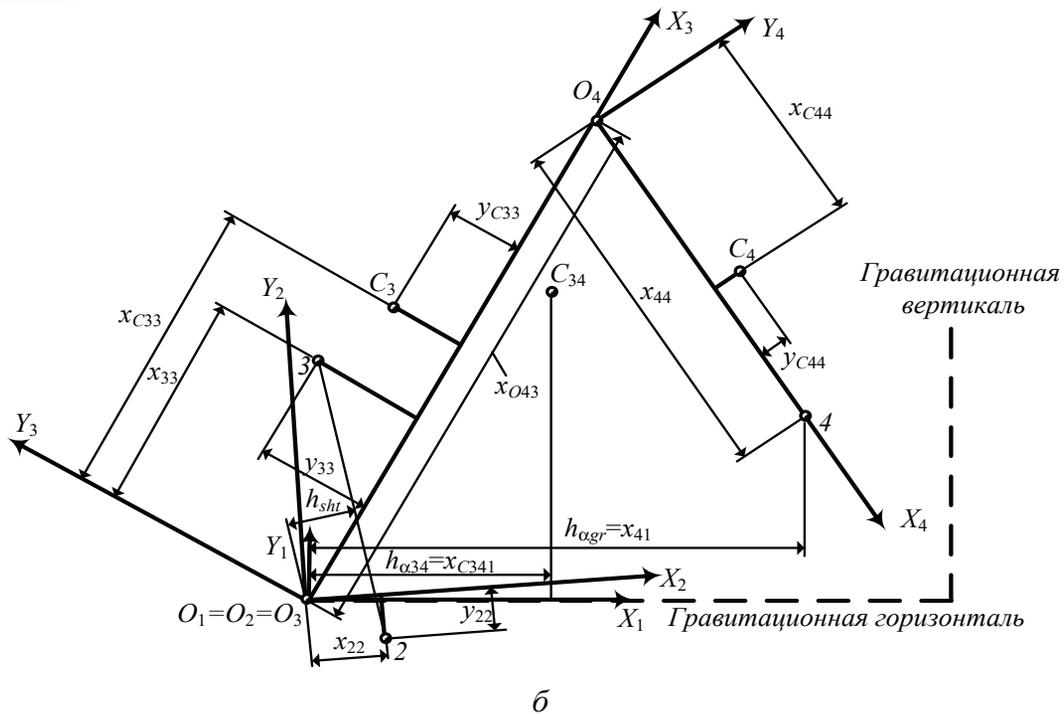
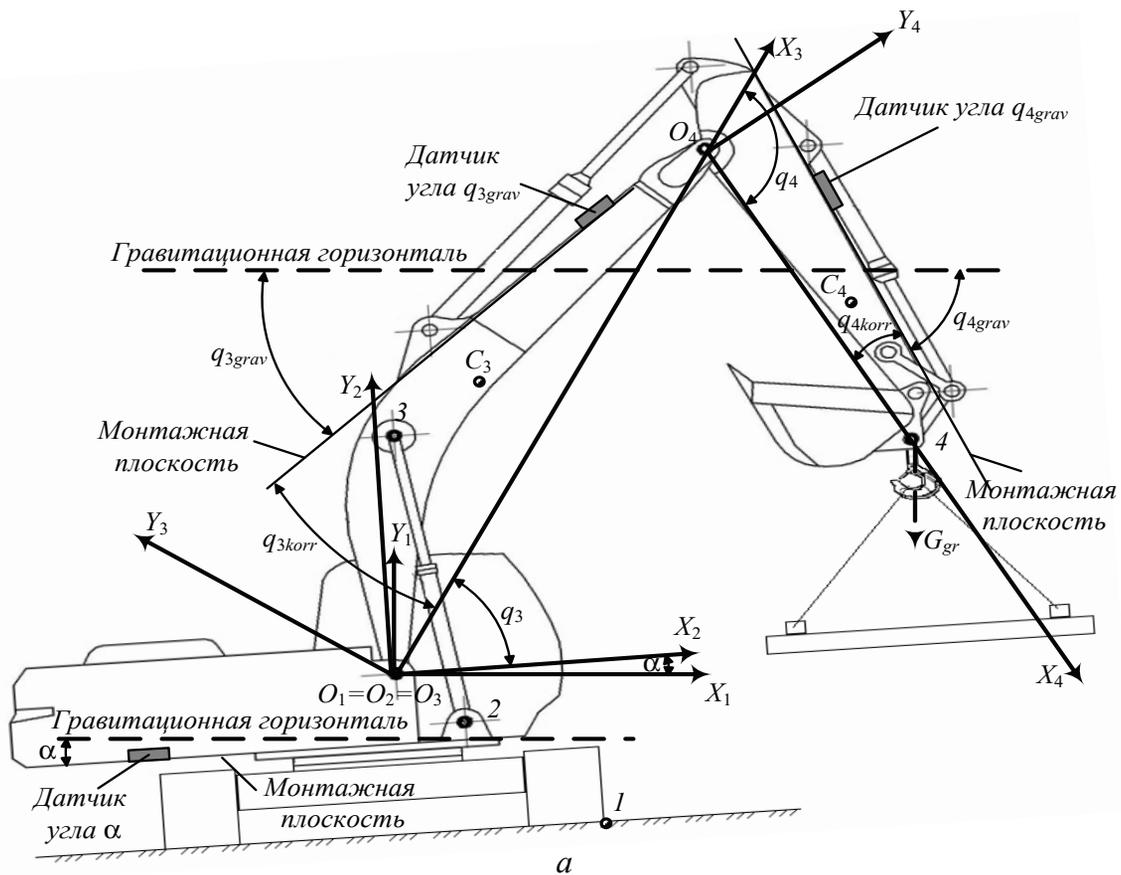


Рисунок 1 – Расчетная схема для методики косвенного измерения массы груза, поднимаемого экскаватором в режиме крана, по показаниям датчиков: а – угловые размеры, точки центров масс подвижных звеньев, точки приложения сил; б – линейные размеры точек в локальных системах координат

Figure 1 – Calculation scheme for the method of indirect measurement of cargo mass lifted by the excavator in crane mode, according to the sensors: а – angular dimensions, points of mass centers of mobile links, points of force application; б – linear points dimensions in local coordinate systems

Источник: составлено авторами

жидкости в поршневой полости гидроцилиндров (ГЦ) подъема стрелы экскаватора, Па; P_{sht} – давление гидравлической жидкости в штоковой полости ГЦ подъема стрелы экскаватора, Па; α – угол наклона грузовой колонки в направлении качания стрелы (угол тангажа), рад.; β – угол наклона грузовой колонки в направлении, перпендикулярном плоскости качания стрелы (угол крена), рад.; q_{3grav} – угол монтажной плоскости датчика наклона стрелы относительно гравитационной горизонтали, рад.; q_{4grav} – угол монтажной плоскости датчика наклона рукояти относительно гравитационной горизонтали, рад. (см. рисунок 1).

Все перечисленные параметры измеряются датчиками первичной измерительной информации, установленными на экскаваторе.

Постоянные конструктивные параметры. В качестве исходных данных в методике используются также постоянные (конструктивные) параметры с известными значениями, определенными предварительными однократными измерениями, либо заданными проектной документацией на изготовление узлов и деталей машины.

Это постоянные массы подвижных звеньев рабочего оборудования, линейные и угловые размеры, площади: m_3 – масса стрелы с ГЦ рукояти, кг; m_4 – масса рукояти с ковшом, гидроцилиндром ковша и рычагами механизма поворота ковша, кг; S_p – площадь поршневой полости одного из двух ГЦ подъема стрелы:

$$S_p = (\pi \cdot D^2) / 4,$$

где D – диаметр поршневой полости ГЦ стрелы, м;

S_{sht} – площадь штоковой полости одного из двух ГЦ подъема стрелы:

$$S_{sht} = (\pi \cdot d^2) / 4,$$

где d – диаметр штоковой полости ГЦ стрелы, м;

x_{22}, y_{22} – координаты точки 2 крепления гильзы ГЦ стрелы на поворотной колонке в системе координат колонки $O_2 X_2 Y_2$, м; x_{33}, y_{33} – координаты точки 3 крепления штока ГЦ стрелы на стреле, м; x_{O43} – координата точки шарнира рукояти O_4 в СК стрелы $O_3 X_3 Y_3$, м; x_{44} – координата точки 4 оси вращения крюка в СК рукояти $O_4 X_4 Y_4$, м; x_{C33}, y_{C33} – координаты центра масс стрелы с ГЦ рукояти в СК стрелы $O_3 X_3 Y_3$, м; x_{C44}, y_{C44} – координаты центра масс рукояти с ковшом и механизмом ковша в СК рукояти $O_4 X_4 Y_4$, м; q_{3korr} – угол между монтажной плоскостью датчика угла наклона стрелы

и осью $O_3 X_3$, град.; q_{4korr} – угол между монтажной плоскостью датчика угла наклона рукояти и осью $O_4 X_4$, град.

Описание методики измерения массы груза. Измерение массы груза в отдельный такт времени заключается в последовательном выполнении всех перечисленных ниже шагов расчетов по текущим показаниям датчиков. Предполагается использование микропроцессора. Приведенные ниже геометрические математические зависимости получены по расчетной схеме (см. рисунок 1).

1. Определяется угол поворота стрелы относительно колонки:

$$q_3 = (q_{3grav} + q_{3korr}) - \alpha. \quad (1)$$

2. Определяется угол поворота рукояти относительно стрелы:

$$q_4 = (q_{4grav} + q_{4korr}) - (q_{3grav} + q_{3korr}). \quad (2)$$

3. Определяется сила на штоках двух ГЦ подъема стрелы, уравнивающая силы тяжести всех подвижных звеньев рабочего оборудования и груза, действующая в направлении перемещения штоков:

$$F = P_p \cdot 2 \cdot S_p - P_{sht} \cdot (2 \cdot S_p - 2 \cdot S_{sht}). \quad (3)$$

4. Определяются координаты точки 3 крепления штока ГЦ стрелы на стреле в СК поворотной колонки $O_2 X_2 Y_2$:

$$\begin{aligned} x_{32} &= x_{33} \cdot \cos(q_3) + y_{33} \cdot \sin(q_3); \\ y_{32} &= y_{33} \cdot \cos(q_3) - x_{33} \cdot \sin(q_3). \end{aligned} \quad (4)$$

5. Определяется плечо действия силы на штоках двух ГЦ подъема стрелы относительно точки O_2 подвеса стрелы на колонке:

$$h_{sht} = \frac{|(x_{32} \cdot y_{22} - y_{32} \cdot x_{22})|}{\sqrt{((y_{32} - y_{22})^2 + (x_{32} - x_{22})^2)}}. \quad (5)$$

6. Определяется момент силы, создаваемый ГЦ стрелы относительно точки O_2 подвеса стрелы на колонке:

$$M_b = F \cdot h_{sht} \quad (6)$$

7. Определяется угол наклона оси $O_3 X_3$ стрелы относительно оси $O_1 X_1$ (гравитационной горизонтали):

$$q_{3\alpha} = q_3 + \alpha. \quad (7)$$

8. Определяется горизонтальная координата точки C_3 центра масс стрелы с ГЦ рукояти в СК $O_1 X_1 Y_1$:

$$x_{C31} = x_{C33} \cdot \cos(q_{3a}) + y_{C33} \cdot \sin(q_{3a}). \quad (8)$$

9. Определяется горизонтальная координата точки C_4 центра масс рукояти с ковшем, ГЦ ковша и рычагами механизма поворота ковша в СК $O_1X_1Y_1$:

$$x_{C41} = x_{C44} \cdot (\cos(q_{3a}) \cdot \cos(q_4) - \sin(q_{3a}) \cdot \sin(q_4)) + y_{C44} \cdot (\cos(q_{3a}) \cdot \sin(q_4) + \sin(q_{3a}) \cdot \cos(q_4)) + x_{O43} \cdot \cos(q_{3a}). \quad (9)$$

10. Определяется горизонтальная координата общего центра масс подвижных звеньев экскаватора без груза в СК $O_1X_1Y_1$. Она будет являться плечом действия силы тяжести общего центра масс подвижных звеньев экскаватора без груза относительно точки подвеса стрелы на колонке с учетом угла тангажа:

$$h_{a34} = x_{C341} = (m_3 \cdot x_{C31} + m_4 \cdot x_{C41}) / (m_3 + m_4). \quad (10)$$

11. С учетом угла крена колонки β определяется компонента силы тяжести общего центра масс подвижных звеньев экскаватора без груза, действующая вдоль оси O_1Y_1 (компонента, создающая момент вращения стрелы):

$$G_{\beta34} = (m_3 + m_4) \cdot g \cdot \cos(\beta). \quad (11)$$

12. Определяется горизонтальная координата точки 4 в СК $O_1X_1Y_1$. Она будет являться плечом действия силы тяжести груза относительно точки подвеса стрелы на колонке с учетом угла тангажа:

$$h_{aGr} = x_{41} = x_{44} \cdot (\cos(q_{3a}) \cdot \cos(q_4) - \sin(q_{3a}) \cdot \sin(q_4)) + x_{O43} \cdot \cos(q_{3a}). \quad (12)$$

13. Учитывая, что моменты, создаваемые силами тяжести груза и подвижных звеньев, уравновешиваются моментом, создаваемым ГЦ стрелы ($M_b = h_{a34} \cdot G_{\beta34} + h_{aGr} \cdot G_{\beta Gr}$), определяется компонента силы тяжести груза, действующая вдоль оси O_1Y_1 (компонента силы тяжести груза, создающая момент вращения стрелы):

$$G_{\beta Gr} = (M_b - h_{a34} \cdot G_{\beta34}) / h_{aGr}. \quad (13)$$

14. С учетом угла крена колонки β определяется непосредственно масса груза:

$$m_{Gr} = G_{\beta Gr} / (\cos(\beta) \cdot g). \quad (14)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Для верификации разработанной методики массы груза, полученные по приведенным выше аналитическим зависимостям, т.е. по значениям показаний датчиков первичной измерительной информации, были сопоставлены с действительными значениями тарированных масс груза, поднятых экскаватором в режиме крана. Натурный эксперимент проводился на экскаваторе марки Hitachi ZX-200. Общий вид машины и места установки датчиков первичной измерительной информации показаны на рисунке 2. Все конструктивные размеры и массы подвижных звеньев в методике задавались соответствующими указанной марке машины, согласно технической документации на экскаватор и результатам натурных измерений.



а



б

Рисунок 2 – Экскаватор марки Hitachi ZX-200, на котором проводился натурный эксперимент, с установленными на нем датчиками первичной измерительной информации: а - угломеры рабочего оборудования; б - датчики давления гидроцилиндра стрелы

Figure 2 – Hitachi ZX-200 excavator with installed on it primary measurement sensors, on which full-scale experiment was conducted: а - working equipment inclinometers; б - pressure sensors of boom hydraulic cylinders

Источник: составлено авторами

В качестве угломеров для верификации методики использовались датчики угла наклона NI I82P-4P12-P-C научно-производственной компании «Теко» (г. Челябинск), в которых в качестве чувствительных элементов измерения угла наклона выступают акселерометры.

В качестве датчиков давления применялись высокоточные цифровые датчики избыточного давления ZET 7012-I1 предприятия «Электронные технологии и метрологические системы» на базе СКБ ФГУП ВНИИФТРИ (компания ZETLAB, г. Москва).

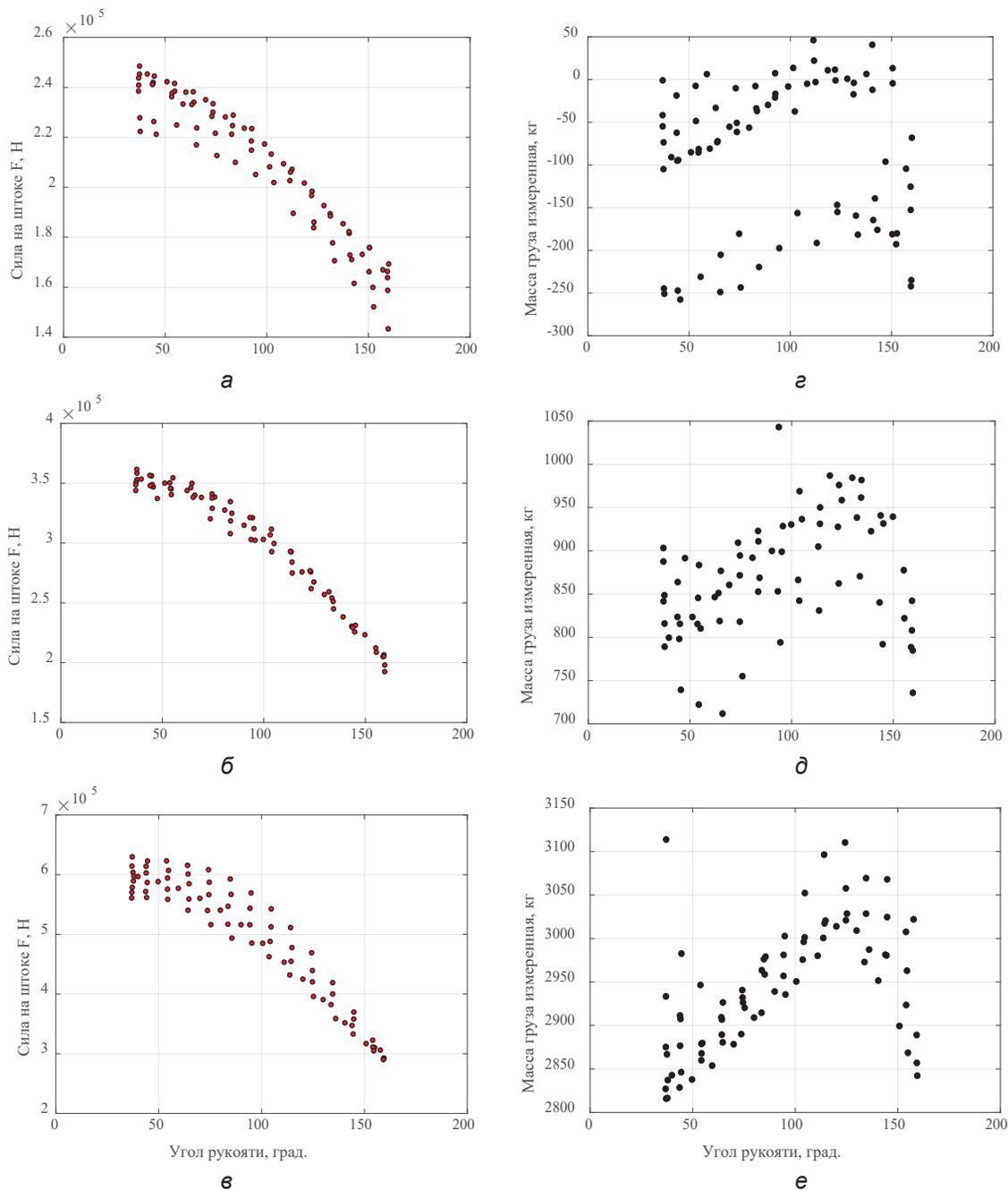


Рисунок 3 - Часть результатов натурного эксперимента в виде зависимостей сил на штоках гидроцилиндров подъема стрелы от угла рукоятки при трех значениях тарированной массы груза (а – 0 кг, б – 985 кг, в – 2 840 кг) и соответствующих им вычисленных по методике значений массы груза (г – 0 кг, д – 985 кг, е – 2 840 кг)

Figure 3 – Part of full-scale experiment results in the form of forces dependencies of the rods of lifting cylinders' boom from the handle angle at three values of tare cargo weight (а – 0 kg, б – 985 kg, в – 2 840 kg) and corresponding weight values (г – 0 kg, д – 985 kg, е – 2 840 kg)

Источник: составлено авторами

Угол наклона стрелы относительно колонки с расчетной схемы (см. рисунок 1) при проведении натурного эксперимента варьировался от -4 до -60 градусов, а угол наклона рукояти относительно стрелы – от 37 до 160 градусов. Шаг каждого из углов составлял не более $10-12$ градусов. Использовались три тарированные массы груза: $0, 985$ и $2\,840$ кг. Были исследованы различные сочетания углов стрелы и рукояти (с учетом ограничений диаграммы грузоподъемности), а также тарированной массы груза, общим числом 230 экспериментальных точек. Измерениям в каждой точке подвергались угол стрелы, угол рукояти, давление в поршневой полости гидроцилиндров подъема стрелы, давление в штоковой полости гидроцилиндров подъема стрелы, угол крена поворотной колонки, угол тангажа поворотной колонки.

Часть обработанных экспериментальных точек приведена на рисунке 3 в виде силы на штоках двух ГЦ подъема стрелы (а, б, в), а также в виде вычисленных по разработанной методике значений массы груза (г, д, е). Зависимости на рисунке 3 приведены от угла поворота рукояти q_4 . Для тарированных масс груза $0, 985$ и $2\,840$ кг. Для всех рассматриваемых значений угла наклона стрелы из исследованного диапазона, взятых по результатам натурного эксперимента. Углы крена и тангажа поворотной колонки при этом принимали фиксированные значения. Их абсолютная величина во всех экспериментальных точках не превышала трех градусов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов натурного эксперимента позволил сделать следующие выводы. Разработанная методика измерения массы была верифицирована путем проведения натурного эксперимента с тарированными массами на крюке экскаватора в режиме крана, вычислений массы по методике сопоставления вычисленных значений масс и тарированных значений масс. Максимальная абсолютная погрешность косвенного измерения по данным натурного эксперимента составила 273 кг. Соответственно, относительная приведенная к верхнему пределу измерений (2840 кг) погрешность при этом составила менее 10% .

Предлагаемая методика не требует сложного технологического оборудования, дорогостоящих датчиков первичной измерительной информации и больших затрат на измерения.

Алгоритм однократный, без необходимости хранения данных предыдущих тактов в памяти микропроцессора.

К его достоинствам следует также отнести возможность учета значений углов крена и тангажа поворотной колонки крана-экскаватора.

Область применения методики – информационные системы указания грузоподъемности, фиксирующие грузоподъемность экскаватора, работающего в режиме крана в зависимости от вылета грузозахватного органа. В перспективе методика может также быть использована в системе ограничения грузоподъемности, которая автоматически выключает механизмы экскаватора в режиме крана при превышении допустимой грузоподъемности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Треногин Е.О., Вахрушев С.И. Патентные исследования возможных конструкций рабочего оборудования одноковшового экскаватора // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2016. Т. 2. С. 303–311.
2. Дубровин Л.М., Никишечкин А.П., Давыденко В.И. Контроль грузов на подъемно-транспортных машинах // Мир транспорта. 2016. Т. 14. № 3 (64). С. 98–105.
3. Никишечкин А.П., Дубровин Л.М., Давыденко В.И. Способ оценки массы груза подъемно-транспортных устройств по параметрам магнитного поля, создаваемого двигателем постоянного тока // Вестник МГТУ «Станкин». 2016. № 1. С. 64–67.
4. Никишечкин А.П., Дубровин Л.М., Давыденко В.И. Двигатель постоянного тока как источник диагностической информации // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2016. № 7. С. 53–58.
5. Жиров В.Г. Измерительная система взвешивания отходов металла // Датчики и системы. 2014. № 12. С. 66–67.
6. Якута И.В., Ермаков С.В. Оценка расхода масс принятого и сданного грузов при определении массы по осадкам (методом драфт-сюрвея) // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2016. Т. 19. № 4. С. 822–829.
7. Иванов В.А., Макагон Н.С., Масленко В.О. Экспериментальный образец бортовой системы взвешивания груза [Электронный ресурс] // Ученые заметки ТОГУ. 2017. Том 8, № 4. С. 1–9. Режим доступа: http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2017/TGU_8_259.pdf, свободный (дата обращения: 26.04.2018).
8. Иванов В.А., Масленко В.О., Харченко К.А. Экспериментальное устройство для ги-

дравлического взвешивания груза [Электронный ресурс] // Ученые заметки ТОГУ. 2017. Том 8, № 1. С. 128–137. – Режим доступа: http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2017/TGU_8_25.pdf, свободный (дата обращения : 26.04.2018).

9. Большунова О.М., Коржев А.А., Камышьян А.М. Модернизация бортовой системы карьерного автосамосвала // Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2017: Сборник научных трудов международной научно-технической конференции. СПб: СПГУ, 2017. С. 110–114.

10. Gawlik A., Kucybała, P. Dynamic weighing system used in excavator. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, vol. 24, no. 4, 2017, pp. 31–38.

11. Kalairassan G., Boopathi M., Mohan R. M. Analysis of load monitoring system in hydraulic mobile cranes. *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering*, vol. 263, no. 6, 2017, pp. 062045. DOI: 10.1088/1757-899X/263/6/062045

12. Krastanov, K. About the safety by using of mobile cranes. *The Eurasia proceedings of science, technology, engineering and mathematics*, 2017, vol. 1, pp. 213–217. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/38004>

13. Walawalkar A., Heep S., Schindler C., Leifeld R., Frank M. Validation of an analytical method for payload estimation in excavators. In: Berns K. et al. (eds) *Commercial Vehicle Technology 2018. Proceedings*. Springer Vieweg, Wiesbaden, pp. 3–16. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-21300-8_1

14. Koch S., Reichhartinger M. Observer-based sliding mode control of hydraulic cylinders in the presence of unknown load forces. *Elektrotechnik & Informationstechnik* (2016) 133/6: 253–260. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00502-016-0418-6>

REFERENCES

1. Trenogin E.O., Vahrushev S.I. Patent research of possible designs of working equipment of a single bucket excavator. *Sovremennye tehnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika*, 2016, vol. 2, pp. 303–311.

2. Dubrovin L.M., Nikishechkin A.P., Davydenko V.I. Cargo control on hoisting-and-transport machines. *Mir transporta*, 2016, vol. 14, no. 3 (64), pp. 98–105.

3. Nikishechkin A.P., Dubrovin L.M., Davydenko V.I. A method for estimating the weight of a load of hoisting-and-transport devices using the

parameters of the magnetic field produced by a direct current motor. *Vestnik MGТУ «Stankin»*, 2016, no. 1, pp. 64–67.

4. Nikishechkin A.P., Dubrovin L.M., Davydenko V.I. Direct current motor as a source of diagnostic information. *Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika*, 2016, no. 7, pp. 53–58.

5. Zhiron V.G. Measuring system for weighing metal waste. *Datchiki i sistemy*, 2014, no. 12, pp. 66–67.

6. Jakuta I.V., Ermakov S.V. Estimation of the divergence of the masses of the received and delivered cargo in determining the mass by precipitation (the method of draft survey). *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*, 2016, vol. 19, no. 4, pp. 822–829.

7. Ivanov V.A., Makagon N.S., Maslenko V.O. Experimental sample of airborne cargo weighing system [Electronic resource]. *Uchenye zametki TOGU*, 2017, vol. 8, no. 4, pp. 1–9. Access mode : http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2017/TGU_8_259.pdf, free (date of the application : 26.04.2018).

8. Ivanov V.A., Maslenko V.O., Harchenko K.A. Experimental device for hydraulic weighing of cargo [Electronic resource]. *Uchenye zametki TOGU*, 2017, vol. 8, no. 1, pp. 128–137. – Access mode : http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2017/TGU_8_25.pdf, free (date of the application : 26.04.2018).

9. Bol'shunova O.M., Korzhev A.A., Kamysh'jan A.M. Modernization of the on-board system of a quarry dump truck. *Innovacii i perspektivy razvitija gornogo mashinostroenija i jelektromehaniki: IPDME-2017 : Sbornik nauchnyh trudov mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii*. SPb : SPGU, 2017, pp. 110–114.

10. Gawlik A., Kucybała, P. Dynamic weighing system used in excavator. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, vol. 24, no. 4, 2017, pp. 31–38.

11. Kalairassan G., Boopathi M., Mohan R. M. Analysis of load monitoring system in hydraulic mobile cranes. *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering*, vol. 263, no. 6, 2017, pp. 062045. DOI: 10.1088/1757-899X/263/6/062045

12. Krastanov, K. About the safety by using of mobile cranes. *The Eurasia proceedings of science, technology, engineering and mathematics*, 2017, vol. 1, pp. 213–217. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/38004>

13. Walawalkar A., Heep S., Schindler C., Leifeld R., Frank M. Validation of an analytical method for payload estimation in excavators. In: Berns K.

et al. (eds) Commercial Vehicle Technology 2018. Proceedings. Springer Vieweg, Wiesbaden, pp. 3–16. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-21300-8_1

14. Koch S., Reichhartinger M. Observer-based sliding mode control of hydraulic cylinders in the presence of unknown load forces. *Elektrotechnik & Informationstechnik* (2016) 133/6: 253–260. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00502-016-0418-6>

Поступила 04.05.2018, принята к публикации 25.06.2018.

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

Корытов Михаил Сергеевич, д-р техн. наук, доц., ORCID 0000-0002-5104-7568, Scopus Author ID 57035238500, ResearcherID B-5667-2015, ФГБОУ ВО «СибАДИ», проф. каф. АКМиТ, 644080, г. Омск, пр. Мира 5, kms142@mail.ru.

Канин Иван Константинович, инд. предприниматель, г. Москва, kanin3d@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Korytov Mikhail Sergeevich, Doctor of Engineering Science, Associate Professor, ORCID 0000-0002-5104-7568, Scopus Author ID 57035238500, ResearcherID B-5667-2015, FGBOU VO «SIBADI», Professor of the Department AKMiT, 644080, Omsk, 5 Mira Avenue, kms142@mail.ru.

Kanin Ivan Konstantinovich, ind. businessman, Moscow, kanin3d@yandex.ru.

ВКЛАД СОАВТОРОВ

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

Канин И.К. Проведение натурного эксперимента на кране-экскаваторе, обработка результатов натурного эксперимента.

AUTHOR CONTRIBUTION

Korytov M.S. Researching process, conclusion of the mathematical model equations, development of software product for checking work capacity of mathematical model.

Kanin I.K. Carrying out full-scale experiment on the crane-excavator, processing results of full-scale experiment.

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ В ОСТАНОВОЧНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ ПУНКТАХ ПРИ МНОГОКРАТНОМ ИЗМЕНЕНИИ ПАССАЖИРОПОТОКОВ

М. А. Арсланов¹, Ш. М. Минатуллаев², А. А. Филиппов³

^{1, 2}ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет
имени М.М. Джамбулатова»,

Республика Дагестан, г. Махачкала, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
г. Оренбург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье рассмотрены особенности математического моделирования организации перевозок пассажиров автомобильным транспортом в остановочно-пересадочных пунктах (ОПП) при многократном изменении пассажиропотоков, что характерно для курортных муниципальных образований, а также при организации спортивных, культурных и других массовых мероприятий.

Материалы и методы. Представлены материалы и разработана математическая модель, основанная на формализации функционирования ОПП как инфраструктурного объекта, предназначенного для реализации перевозочного процесса различных видов пассажирского транспорта в точке их притяжения. В качестве основного условия функционирования рассматривается соблюдение условия ритмичности подвижного состава (ПС) на ОПП.

Результаты. Теоретически решена задача поиска оптимальной структуры и количества единиц ПС автобусного транспорта по параметрам функционирования ОПП и условию полного и своевременного освоения многократно меняющихся пассажиропотоков в нём.

Обсуждение и заключение. С помощью математической модели организации перевозок пассажиров в остановочно-пересадочных пунктах определяются параметры функционирования ОПП и эффективность управления ими в условиях многократно изменяющихся пассажиропотоков. В качестве управляющих воздействий рассмотрено привлечение дополнительных перевозчиков, гибкое планирование маршрутов и расписания при соблюдении регулярности движения автобусов, ритмичности взаимодействия автобусов между собой и другими видами пассажирского транспорта в ОПП в пиковые периоды загрузки, что в конечном счёте обеспечивает эффективность и качество транспортного обслуживания населения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пассажирские перевозки, остановочно-пересадочный пункт, пассажиропоток, структура подвижного состава, ритмичность функционирования остановочно-пересадочного пункта, многократное увеличение пассажиропотоков.

© М. А. Арсланов, Ш. М. Минатуллаев, А. А. Филиппов, 2018



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

MATHEMATICAL MODEL OF THE ORGANIZATION OF PASSENGERS' TRANSPORTATION IN STOPPING-TRANS-RELOCATION POINTS WITH A MULTIPLE CHANGE OF PASSENGER TRAFFIC

M.A. Arslanov, Sh.M. Minatullaev

*Dagestan State Agricultural University named after M.M. Dzhambulatov,
Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia*

A.A. Filippov

*Orenburg State University,
Orenburg, Russia*

ABSTRACT

Introduction. The article concentrates on the mathematical modeling features of the organization of passengers' transportations by motor transport in stop-transfer point (STP) with the multiple change of passenger traffic, which is characteristic for resort municipal formations, and also at the organization of sports, cultural and other mass actions.

Materials and methods. Materials are presented and a mathematical model is developed, based on the formalization of the STP functioning, as an infrastructural object intended for realization of the transportation process by various types of passenger transport. In addition, compliance with the conditions of the rolling stock rhythmicity on the STP is considered as the basic operating condition.

Results. Consequently, the problem of finding the optimal structure and number of bus transport substation units for the STP functioning parameters and the condition for full and timely development of the repeatedly changing passenger flows in it is solved.

Discussion and conclusions. The results of mathematical modeling of passengers' transportations by motor transport allow estimating parameters of functioning of STP and efficiency of management in the conditions of repeatedly changing passenger flows. Therefore, the involvement of additional carriers, flexible planning of routes and schedules according to the regularity of bus traffic, the rhythm of the buses interaction and other types of passenger transport interaction in the STP during peak periods of loading, which ultimately ensures the efficiency and quality of transport services to the population, are considered as control actions.

KEYWORDS: passenger transportation, stop-transfer point, development of passenger traffic, mathematical model of transportation, rolling stock structure, rhythm of STP functioning, regularity of buses movement, passenger traffic, multiple increase in passenger traffic.

© M.A. Arslanov, Sh.M. Minatullaev, 2018



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

ВВЕДЕНИЕ

Перевозки пассажиров автомобильным транспортом в современных условиях – это динамично развивающаяся сфера, в которой сталкиваются взаимоисключающие интересы, но от которой во многом зависит социально-экономическое благополучие населения. Основной задачей перевозчиков является извлечение максимальной прибыли при наименьшем расходовании ресурсов. Пассажиры стремятся к максимально быстрому перемещению с наименьшими затратами в денежном эквиваленте, а также с высоким уровнем комфорта и безопасности. Государственные регулирующие органы создают условия для того, чтобы пассажирский транспорт стал максимально доступным и безопасным при наиболее полном соблюдении интересов всех сторон. В этой связи возникает множество взаимосвязанных теоретических и практических задач, от полноты решения которых зависит эффективность функционирования системы пассажирских перевозок.

В число важных задач входит исследование процесса перевозки пассажиров автомобильным транспортом на основе математического моделирования, что позволяет, изменяя параметры системы в разных комбинациях, находить оптимальные их сочетания. При решении таких задач система получает формализованное описание в виде математических моделей, которые отражают основные закономерности её функционирования. Для представления математических моделей используются инвариантные, аналитические, алгоритмические и схемные (графические) формы записи.

Анализ состояния вопроса в данной области показал значительную его проработку в части формирования критериев, показателей и методик, позволяющих оценить качество транспортного обслуживания населения в го-

родах¹ и эффективность работы городского пассажирского общественного транспорта². Данные научные исследования, результаты которых используются при моделировании транспортных процессов и систем, освещены в работах В.А. Гудкова. Важно отметить, что его научные разработки позволяют решать задачу подбора типа и количества автобусов в соответствии с пассажиропотоком на маршруте [1].

Имеется значительный задел и в области моделирования дорожного движения. Авторами³ [2] опубликованы работы, посвящённые моделированию транспортных потоков в городах, где существенное влияние оказывает организация маршрутов движения пассажирского общественного транспорта. В работе [2], например, представлены результаты имитационного моделирования организации дорожного движения при проведении масштабных массовых спортивных мероприятий.

Существенный вклад в исследование транспортных систем и транспортных потоков крупных городов внёс М.Р. Якимов⁴ [3, 4, 5]. В его работах рассмотрена оценка транспортной подвижности населения крупных городов для последующего формирования прогнозных и оптимальных моделей функционирования и развития транспортной системы. Автором построены прогнозные математические модели транспортного спроса и транспортного предложения в крупных городах.

Вопросам моделирования маршрутных сетей крупных городов посвящены также исследования О.Н. Ларина [6]. Им, в частности, предложена математическая модель, позволяющая рассчитать оптимальное количество автовокзалов и автостанций, а также определить наиболее рациональное месторасполо-

¹ Крашенинников А.В., Раюшкина А.А., Ширяев С.А., Гудков В.А. Исследование качества транспортного обслуживания населения в городах // Прогресс транспортных средств и систем – 2013: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Изд-во Волгоградского государственного технического университета, 2013. С. 18-20.

² Гудков В.А., Водолажский И.С. Состояние городского пассажирского транспорта в городе Волгограде // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Международной научно-технической конференции. Тюмень: Изд-во Тюменского индустриального университета, 2013. С. 22-27.

³ Zyryanov V., Kocherga V., Topilin I. Investigation of dependencies between parameters of two-component models of the kinetic theory of traffic flow and traffic characteristics. Transportation Research Procedia. 12th international conference "Organization and traffic safety management in large cities", SPBOTSIC 2016. St. Petersburg, 2017, pp. 746-75

⁴ Yakimov M. Optimal Models used to Provide Urban Transport Systems Efficiency and Safety. Transportation Research Procedia. 12th international conference "Organization and traffic safety management in large cities", SPBOTSIC 2016. St. Petersburg, 2017, pp. 702-708.

жение для них с точки зрения минимизации затрат времени пассажиров⁵.

Совершенствованием процесса повышения качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам успешно занимаются учёные Оренбургского государственного университета под научным руководством Н.Н. Якунина [7, 8, 9, 10, 11]. Разработанные модели используются для решения широкого спектра прикладных задач, связанных с определением структуры подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта, обеспечением регулярности и безопасности транспортного процесса, а также формированием мультимодальных транспортных систем.

Важно отметить, что рассмотренные выше транспортные модели направлены на достижение целей безопасности, обеспечения качества, снижение затрат. Для большинства городов в крупных ОПП характерна проблема задержки ПС при заезде на посадку из-за отсутствия свободных посадочных площадок, что увеличивает время перемещения пассажиров и затраты перевозчиков. Кроме этого, необходимо учитывать условие неопределённости многократного увеличения пассажиропотоков, которое отразится на структуре ПС и характере взаимодействия различных видов транспорта. Указанные особенности учтены в математической модели, представленной в данной статье.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Построение математической модели в нашем случае – это формализация функционирования ОПП как инфраструктурного объекта, предназначенного для реализации перевозочного процесса различных видов пассажирского транспорта в точке их притяжения. В процессе функционирования ОПП сформированные в нём пассажиропотоки осваиваются в полном объеме и своевременно, что запишем в следующем виде:

$$\begin{cases} Q = W_{\text{ОПП}}^{\text{наcc}} \cdot t \\ R^{\text{ОПП}} = J \\ Q \neq \text{const} \end{cases}, \quad (1)$$

где Q – сформированный в ОПП пассажиропоток, пасс.;

$W_{\text{ОПП}}^{\text{наcc}}$ – производительность ОПП, пасс./ч;

t – время, в течение которого пассажиропоток осваивается полностью;

$R^{\text{ОПП}}$ – ритмичность функционирования ОПП, мин;

J – интервал движения автобусов, мин.

Полнота освоения пассажиропотока характеризуется соответствием объёма пассажиров, обслуженных в ОПП, производительности ОПП, то есть выражением

$$Q = W_{\text{ОПП}}^{\text{наcc}} \cdot t. \quad (2)$$

Своевременность освоения пассажиропотока обеспечивается соответствием ритмичности функционирования ОПП интервалам движения автобусов, то есть когда

$$R^{\text{ОПП}} = J. \quad (3)$$

Выполнение данного условия характеризует ритмичность взаимодействия автобусов разных маршрутов между собой и с другими видами пассажирского транспорта в ОПП⁶ [12, 13, 14, 15].

Ритмичность функционирования ОПП $R^{\text{ОПП}}$ – это время, через которое очередной автобус будет готов к отправлению, что определяется:

– своевременным прибытием и отправлением автобусов по всем терминалам и посадочным площадкам ОПП в соответствии с плановыми интервалами движения и допустимыми отклонениями от них;

– согласованным взаимодействием различных видов пассажирского транспорта в ОПП.

$$Q \neq \text{const}. \quad (4)$$

⁵ Лазарев А.С., Ларин О.Н. Проблемы выбора оптимального месторасположения автовокзалов в населённых пунктах // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса. Межвузовский сборник научных статей (с международным участием). Самара: Изд-во Самарского государственного технического университета. 2013. С. 226-230. Лазарев А.С., Ларин О.Н. Анализ суммарного времени в пути для пассажиров – как одного из критериев оптимального расположения автовокзала в условиях крупного города // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса. Межвузовский сборник научных статей (с международным участием). Самара: Изд-во Самарского государственного технического университета. 2015. С. 156-163.

⁶ Минатуллаев Ш.М., Нестеренко Д.Х. Методика оперативного управления автобусными перевозками в условиях изменения пассажиропотоков // Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники: материалы Международной научно-практической конференции. Уфа: Изд-во ООО «Аэтерна», 2018. С. 84-89.

Формула (4) – это математическое выражение условия многократного изменения пассажиропотоков, что является основным условием при построении модели функционирования ОПП в нашем случае.

Рассмотрим частный случай, когда в ОПП обслуживается одноплатный ПС, то есть автобусы одинаковой вместимости. Тогда производительность ОПП, имеющего N_A терминалов и посадочных площадок, запишем в следующем виде, пасс./ч:

$$W_{\text{ОПП}}^{\text{пасс}} = \frac{N_A \cdot 60}{t_{\text{п(в)}} \cdot g_H \cdot K_H} \cdot q_H \cdot \gamma_C, \quad (5)$$

где $t_{\text{п(в)}}$ – время простоя ПС в процессе посадки (высадки) пассажиров, мин; g_H – коэффициент неравномерности (запаздывания) прибытия автобусов на посадочные площадки для посадки и высадки пассажиров;

K_H – коэффициент неравномерности пассажиропотока в заявленном периоде прибытий (отправлений) других видов пассажирского транспорта, определяется по формуле (6);

q_H – номинальная вместимость единицы ПС, пасс.;

γ_C – коэффициент статического использования вместимости единицы ПС.

$$K_H = \frac{Q_{\text{max}}}{Q_{\text{ср}}}, \quad (6)$$

где Q_{max} – максимальный часовой пассажиропоток в заявленном периоде Δt прибытий (отправлений), пасс./ч;

$Q_{\text{ср}}$ – средний часовой пассажиропоток в заявленном периоде Δt прибытий (отправлений), пасс./ч.

Количество единиц ПС автобусного транспорта, которое необходимо подать к месту посадки (высадки) пассажиров для освоения сформированного в ОПП пассажиропотока Q обозначим $A^{\text{ПС}}$ и запишем следующую формулу, пасс.:

$$Q = A^{\text{ПС}} \cdot q_H \cdot \gamma_C. \quad (7)$$

Тогда с учётом формул (5) и (7) выражение (2) примет вид

$$A^{\text{ПС}} \cdot q_H \cdot \gamma_C = \frac{N_A \cdot 60}{t_{\text{п(в)}} \cdot g_H \cdot K_H} \cdot q_H \cdot \gamma_C \cdot t, \quad (8)$$

откуда

$$N_A = \frac{A^{\text{ПС}} \cdot t_{\text{п(в)}} \cdot g_H \cdot K_H}{60 \cdot t}. \quad (9)$$

Очевидно, что для полного и своевремен-

ного освоения заявленного пассажиропотока при его многократном изменении обязательным является выполнение ряда условий.

Во-первых, необходимо определить вместимость и количество автобусов, которые будут обслуживаться в ОПП, то есть обозначить параметры q_H и $A^{\text{ПС}}$. При этом должны выполняться условия (7) и (9). Полагаем, что в существующем ОПП $N_A = \text{const}$. Так как $t_{\text{п(в)}}$ меняется в зависимости от выбранной вместимости автобусов и эффективности функционирования ОПП, то для согласованной работы автобусов между собой и другими видами пассажирского транспорта необходимо также обеспечить выполнение условия (3) по ритмичности и интервалу движения за счёт составления корректного расписания. Тогда при правильном выборе вместимости автобусов изменение пассажиропотока потребует лишь определения необходимого их количества по формуле (7).

Во-вторых, изменение параметра $A^{\text{ПС}}$, как следует из формулы (9), влияет на количество задействованных при обслуживании в ОПП терминалов и посадочных площадок N_A . Если предположить, что это количество может меняться в течение времени t , то есть $N_A \neq \text{const}$, то задачу выбора вместимости и количества автобусов для полного и своевременного освоения многократно меняющегося пассажиропотока можно решить не привязываясь строго к выполнению условия $\gamma_C \rightarrow \text{max}$. Тогда и решение задачи не будет ограничиваться лишь определением необходимого количества автобусов. Оно распространится также на определение необходимого количества посадочных площадок в ОПП по формуле (9).

Рассмотренные выше зависимости хорошо аналитически описывают частный случай, когда в ОПП обслуживается одноплатный ПС. Но в общем случае приходится иметь дело с автобусами разной вместимости. Ниже представлено математическое описание процесса функционирования ОПП в общем случае.

Очевидно, что в общем случае должны выполняться те же самые условия (система (1)), что и в частном, только записать эти условия в строгом аналитическом виде не всегда представляется возможным. Например, уравнение (5) записывается для разнотипного ПС только для средневзвешенных значений, так как параметр $t_{\text{п(в)}}$ в нём определяется вместимостью автобуса и эффективностью обслуживания в ОПП. Так как ОПП – это система, которая классифицируется как многоканальная система массового обслуживания с ожиданием, то

для определения ряда параметров, например количества посадочных площадок, потребуется теория массового обслуживания.

Рассмотрим формулу (2), которая является математическим выражением условия полного освоения заявленного пассажиропотока. Из рассмотренного условия следует, что многократное изменение пассажиропотока требует пропорционального изменения производительности ОПП. В общем случае это обеспечивается и за счёт изменения количества автобусов, и за счёт изменения структуры ПС, что по аналогии с формулой (7) приобретает следующий вид:

$$Q = \sum_{i=1}^n (A_i^{ПС} \cdot q_n^i \cdot \gamma_c^i), \quad (10)$$

где i – вместимость автобуса;

n – количество задействованных в структуре ПС автобусов различной вместимости.

Автобусы i -й вместимости имеют строго соответствующие ему параметры q_n^i и γ_c^i . Таким образом, для каждого момента времени t находится необходимое сочетание структуры и, соответственно, количества ПС автобусного транспорта. Причём в этом сочетании определяющей является именно структура ПС, которая через параметры q_n^i и γ_c^i позволяет установить и количество автобусов. Важно, чтобы при этом выполнялось условие (10).

Поиск оптимальной структуры и количества единиц ПС автобусного транспорта не ограничивается только их соответствием заявленному пассажиропотоку. Необходимо не только в полном объёме, но своевременно осваивать многократно изменяющийся пассажиропоток, что требует выполнение ещё одного условия, которое по аналогии с формулой (3) запишется в следующем виде:

$$J_i \rightarrow R^{ОПП}, \text{ где } J_i \in \{J_1, \dots, J_n\}. \quad (11)$$

То есть структура и количество ПС подбирается также исходя из соответствия интервалов движения автобусов разной вместимости ритмичности функционирования ОПП, а не только по заявленному пассажиропотоку.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для наглядного представления сказанного выше используем теорию множеств и диа-

граммы Эйлера-Венна. Выделим и обозначим пять множеств, соответствующих пяти классам автобусов в соответствии с отраслевой нормалью ОН 025 270-66 (таблица 1).

ТАБЛИЦА 1
КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОБУСОВ В СООТВЕТСТВИИ
С ОТРАСЛЕВОЙ НОРМАЛЬЮ ОН 025 270-66
TABLE 1
CLASSIFICATION OF BUSES IN ACCORDANCE WITH
IT 025 270-66 INDUSTRY NORM

Обозначение множества	Класс автобуса	Диапазон длины кузова, м
A	особо малый	до 5,5
B	малый	6,0...7,5
C	средний	8,5...10,0
D	большой	11,0...12,0
E	особо большой	16,5...24,0

Допустим, что автобусы одного класса имеют одинаковую, соответствующую этому классу пассажировместимость. Тогда получим следующую математическую запись, обозначающую количественную и качественную структуру ПС автобусного транспорта, обслуживаемого в ОПП.

$$\begin{cases} A = \{A_1^{ПС}, \dots, A_k^{ПС} | q_n^k = q_n^{ОМ}\} \\ B = \{A_1^{ПС}, \dots, A_l^{ПС} | q_n^l = q_n^М\} \\ C = \{A_1^{ПС}, \dots, A_m^{ПС} | q_n^m = q_n^С\}, \\ D = \{A_1^{ПС}, \dots, A_n^{ПС} | q_n^n = q_n^Б\} \\ E = \{A_1^{ПС}, \dots, A_p^{ПС} | q_n^p = q_n^{ОБ}\} \end{cases}, \quad (12)$$

где $(A_1^{ПС}, \dots, A_k^{ПС}), \dots, (A_1^{ПС}, \dots, A_p^{ПС})$ – порядковые номера автобусов, показывающие количество единиц ПС в каждом из пяти классов A, ..., E;

k, \dots, p – количество единиц ПС в каждом из пяти классов A, ..., E;

$q_n^{ОМ}, \dots, q_n^{ОБ}$ – номинальная вместимость единицы ПС каждого из пяти классов A, ..., E.

Формирование подвижного состава необходимой структуры и количества есть пересечение множеств A, B, C, D, E, то есть

$$A \cap B \cap C \cap D \cap E = \sum_{i=1}^n A_i^{ПС}. \quad (13)$$

Графическая интерпретация решения описанной выше задачи представлена на рисунке.

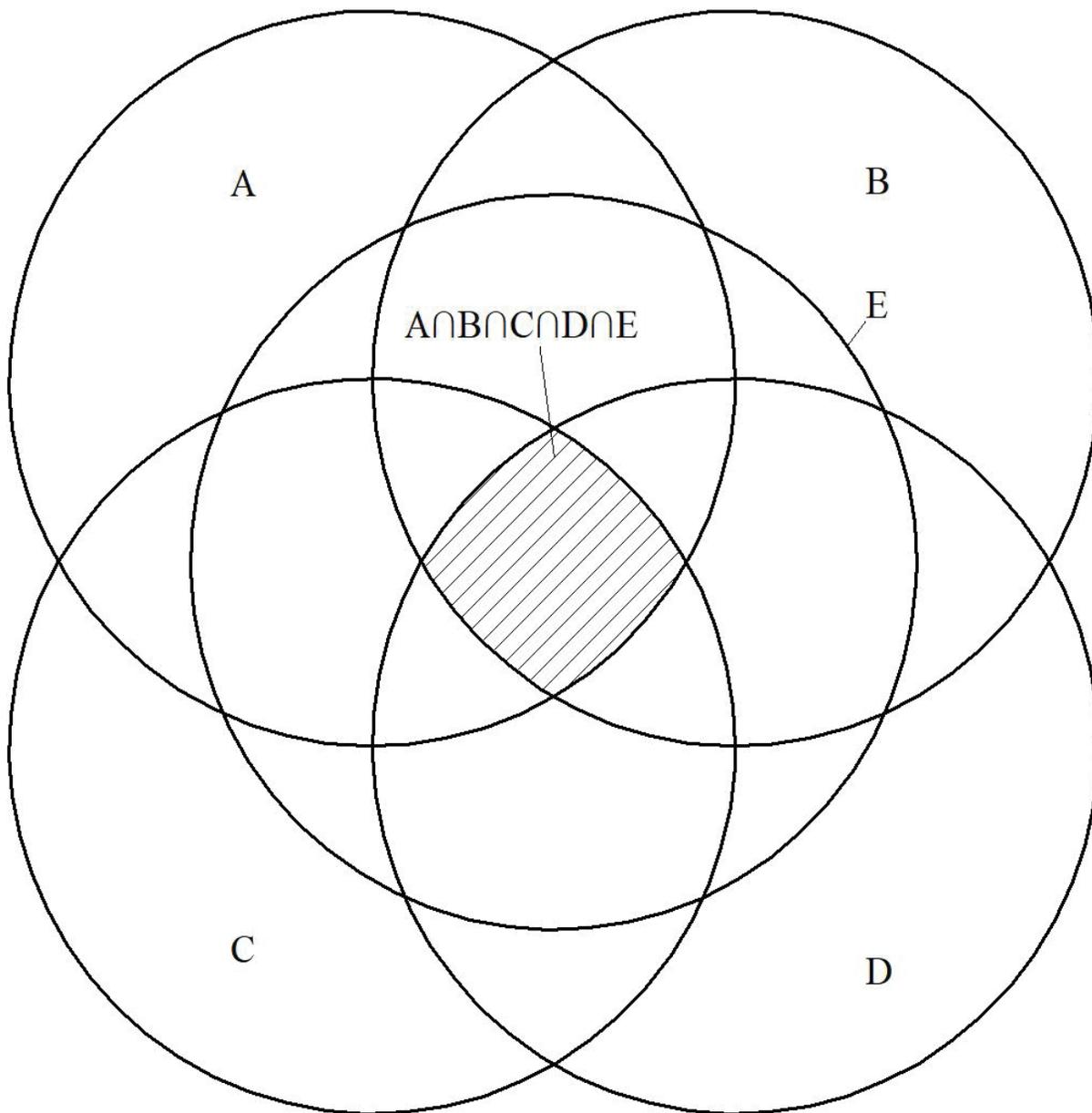


Рисунок 1 – Формирование структуры и количества ПС

Figure 1 – Formation of the structure and number of PS

Пять множеств пересекутся (см.рисунок), и, соответственно, решение будет найдено, когда одновременно выполнятся условия (10), (11) и (13). Тогда будет сформирована оптимальная структура ПС как по вместимости, так и по количеству автобусов, способная обеспечить освоение многократно меняющегося пассажиропотока в полном объёме и своевременно.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, представленная в статье математическая модель организации перевозок пассажиров автомобильным транспортом в

ОПП позволяет оценивать параметры функционирования ОПП и эффективность управления ими в условиях многократно изменяющихся пассажиропотоков. В качестве управляющих воздействий рассмотрено привлечение дополнительных перевозчиков, гибкое планирование маршрутов и расписания при соблюдении регулярности движения автобусов, ритмичности взаимодействия автобусов между собой и другими видами пассажирского транспорта в ОПП в пиковые периоды загрузки, что в конечном счёте обеспечивает эффективность и качество транспортного обслуживания на-

селения. При моделировании использованы элементы теории множеств, массового обслуживания, пассажирских автомобильных перевозок. Следовательно, представленные в статье результаты математического моделирования теоретически обоснованы и сами являются мощной теоретической базой для разработки методов и алгоритмов повышения эффективности перевозок пассажиров автомобильным транспортом в условиях многократно изменяющихся пассажиропотоков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Давиденко А.С., Ширяев С.А., Гудков В.А., Раюшкина А.А., Устинова О.В. Соответствие типа и количества автобусов пассажиропотоку на основных маршрутах г. Волгограда // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Наземные транспортные системы. 2012. Т.5. № 2 (89). С. 56-58.
2. Зырянов В.В., Загидуллин Р.Р. Методика оценки и выбора варианта организации движения транспорта при проведении масштабных массовых мероприятий // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2017. № 2. С. 43-47.
3. Якимов М.Р., Арепьева А.А. Транспортное планирование: особенности моделирования транспортных потоков в крупных российских городах: монография. Москва: Изд-во Логос, 2016. 281 с.
4. Трофименко Ю.В., Якимов М.Р. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов: монография. Москва: Изд-во Логос, 2013. 447 с.
5. Якимов М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: монография. Москва: Изд-во Логос, 2013. 187 с.
6. Ларин О.Н., Кажаяев А.А. Совершенствование маршрутных сетей крупных городов: монография. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. 148 с.
7. Якунин Н.Н., Якунина Н.В., Спирин А.В. Модель организации транспортного обслуживания населения автомобильным транспортом по маршрутам регулярных перевозок // Грузовое и пассажирское хозяйство. 2013. № 3. С. 78-83.
8. Якунина Н.Н., Якунина Н.В., Спирин А.В. Технологические особенности модели организации транспортного обслуживания населения автомобильным транспортом по маршрутам регулярных перевозок // Грузовое и пассажирское хозяйство. 2013. № 4. С. 70-74.
9. Якунина Н.В. Теоретическое обоснование модели повышения качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам // Автотранспортное предприятие. 2014. № 11. С. 47-48.
10. Якунина Н.В. Методологические основы модели повышения качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам // Вестник СибАДИ. 2014. № 6 (40). С. 61-66.
11. Якунина Н.В. Методология повышения качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам: монография. Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2015. 262 с.
12. Минатуллаев Ш.М., Данилов С.В., Рябов И.М. Оптимизация работы автобусов при их взаимодействии с другими видами пассажирского транспорта в транспортно-пересадочных узлах // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, № 6 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/04TVN616.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
13. Рябов И.М., Данилов С.В., Минатуллаев Ш.М. Моделирование работы мультимодальной перевозочной системы в период проведения массовых мероприятий в курортной зоне // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2016. № 4 (16). С. 50-54.
14. Kohler, U. Wermuth, M.: Analyse der Anwendung von Verkehrsnachfragemodellen, Schriftenreihe Forschung StraBenbau und StraBenverkehrswesen Heft 804. Bonn. Bundesministerium fur Verkehr. Bau- und Wohnungswesen, 2001.
15. Landmann, J. Aufbereitung und Untersuchungen der Eebungsdaten „Krafftah/eugverkehr in Deutschland“ zur Nutzung fur verkehrsplanerische Berechnungen. Studienarbeit. TU Dresden, Institut fur Verkehrsplanung und StraBenverkehr, 2005.

REFERENCES

1. Davidenko A.S., Shirjaev S.A., Gudkov V.A., Rajushkina A.A., Ustinova O.V. The type and number of bus passenger traffi on the main routes in the city of Volgograd. *Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničkog uni-versiteta. Serija: Nazemnye transportnye sistemy*, 2012, V.5, no. 2 (89), pp. 56-58. (In Russian).
2. Zyrjanov V.V., Zagidullin R.R. Methodology for the evaluation and selection of the organization of traffi during large-scale mass events. *Intellekt. Innovacii. Investicii*, 2017, no. 2, pp. 43-47. (In Russian).

3. Yakimov M.R., Arep'eva A.A. *Transportnoe planirovanie: osobennosti modelirovaniya transportnykh potokov v krupnykh rossijskikh gorodakh* [Transport planning: modelling the transport flows in major Russian cities]. Moscow, Logos, 2016. 281 p.

4. Trofimenko Ju.V., Yakimov M.R. *Transportnoe planirovanie: formirovanie jeffektivnykh transportnykh sistem krupnykh gorodov* [Transport planning: formation of efficient transport systems of large cities]. Moscow, Logos, 2013. 447 p.

5. Yakimov M.R. *Transportnoe planirovanie: sozdanie transportnykh modelej gorodov* [Transport planning: creation of transport models of cities]. Moscow, Logos, 2013. 187 p.

6. Larin O.N., Kazhaev A.A. *Sovershenstvovanie marshrutnykh setej krupnykh gorodov* [Improving route networks of major cities]. Chelyabinsk, Publishing center JuUrGU, 2013. 148 p.

7. Yakunin N.N., Yakunina N.V., Spirin A.V. The Model of organization of transport service of the population motor transport on routes of regular transportations. *Gruzovoe i passazhirskoe hozjajstvo*, 2013, no. 3, pp. 78-83. (In Russian).

8. Yakunin N.N., Yakunina N.V., Spirin A.V. Technological features of the model of organization of transport service of the population motor transport on routes of regular transportations. *Gruzovoe i passazhirskoe hozjajstvo*, 2013, no. 4, pp. 70-74. (In Russian).

9. Yakunina N.V. Theoretical substantiation of the model of improving the quality of passenger transportation by road on regular routes. *Avtotransportnoe predpriyatje*, 2014, no. 11, pp. 47-48. (In Russian).

10. Yakunina N.V. Methodological basis of the model of improvement of quality of transportations of passengers by motor transport on regular routes. *Vestnik SibADI*, 2014, no. 6 (40), pp. 61-66. (In Russian).

11. Yakunina N.V. *Metodologija povyshenija kachestva perevozok passazhiroj avtomobil'nyj transportom po reguljarnym marshrutam* [Methodology of improvement of quality of transportations of passengers by motor transport on regular routes]. Orenburg, 2015. 262 p.

12. Minatullaev Sh.M., Danilov S.V., Rjabov I.M. Optimization of the bus in their interaction with other types of passenger transport in transport hubs. *Internet-zhurnal «Naukovedenie»*, 2016, vol. 8, no 6 (2016). Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/04TVN616.pdf> (accessed 6 April 2011).

13. Rjabov I.M., Danilov S.V., Minatullaev Sh.M. The simulation of multimodal transport system during mass events in the resort area. *Jenergo- i resursosberezhenie: promyshlennost' i transport*, 2016, no. 4 (16), pp. 50-54. (In Russian).

14. Kohler, U. Wermuth, M. Analyse der Anwendung von Verkehrsnachfragemodellen, Schriftenreihe Forschung StraBenbau und StraBenverkehrswesen Heft 804. Bonn. Bundesministerium fur Verkehr. Bau- und Wohnungswesen, 2001.

15. Landmann, J. Aufbereitung und Untersuchungen der Emissionsdaten „Kraftfahr/eugverkehr in Deutschland“ zur Nutzung fur verkehrsplanerische Berechnungen. Studienarbeit. TU Dresden, Institut fur Verkehrsplanung und StraBenverkehr, 2005.

Поступила 10.04.2018, принята к публикации 25.06.2018.

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

Арсланов Мурат Арсланович – кандидат технических наук, д-р сельскохозяйственных наук, доц., проф. кафедры технической эксплуатации автомобилей ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова» (367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 180. e-mail: arsmurat@yandex.ru).

Минатуллаев Шамиль Минатуллаевич – старший преподаватель кафедры технической эксплуатации автомобилей ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова» (367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 180. e-mail: interpol1199@mail.ru).

Филиппов Андрей Александрович – кандидат технических наук, доц. кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» (460018, г. Оренбург, проспект Победы, д. 13, e-mail: aafilippov1979@gmail.com).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Arslanov Murat Arslanovich – Candidate of Technical Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Technical Operation of Automobiles Department, Dagestan State Agricultural University named

after M.M. Dzhambulatov (367032, Republic of Dagestan, Makhachkala, 180, M. Gadzhiev St., email: arsmurat@yandex.ru, phone: 89604101444).

Minatullaev Shamil' Minatullaevich – Senior Lecturer of the Technical Operation of Automobiles Department, Dagestan State Agricultural University named after M.M. Dzhambulatov (367032, Republic of Dagestan, Makhachkala, 180, M. Gadzhiev St., email: interpol1199@mail.ru, phone: 89634066630).

Filippov Andrey Aleksandrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Technical Operation and Repair of Automobiles Department, Orenburg State University (460018, Orenburg, 13, Pobedy Av., email: aafilippov1979@gmail.com, phone: 89128487472).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Арсланов М.А., Минатуллаев Ш.М., Филиппов А.А. имеют на статью равные авторские права и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTION

Arslanov M.A., Minatullaev Sh.M., Filippov A.A. have equal author's rights and equal responsibility for plagiarism.

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

СРАВНЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРОЛЛЕЙБУСА И АВТОБУСА С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА

Ю.О. Глушкова¹, А.В. Пахомова¹, А.Р. Асоян¹
¹ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.»,
г. Саратов, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье приведены результаты комплексного сравнительного исследования экономической эффективности эксплуатации подвижного состава на городских перевозках – троллейбуса с динамической подзарядкой и дизельного автобуса – с целью решения новой для крупного города задачи – выявления более выгодного транспортного средства с точки зрения экономической и временного фактора.

Материалы и методы. Индексный, сравнения, аналитических расчетов, анализ динамических рядов.

Результаты. Сформирован алгоритм выбора вида транспорта и пошаговая инструкция процедуры сравнения, отличающиеся комплексным подходом к оценке показателей эксплуатации. Доказана необходимость применения предложенных рекомендаций по реализации процесса сравнения технико-эксплуатационных и экономических показателей, с учетом выявленных преимуществ и недостатков существующих видов подвижного состава, используемых в настоящее время: с гибридным троллейбусом и автобусом городского типа на дизельном топливе.

Обсуждение и заключение. Проведено статистическое исследование рядов динамики дру- жественных для окружающей среды городских видов пассажирского транспорта: эксплуатационной длины троллейбусных и трамвайных путей, объемов перевозок пассажиров по транспорту общего пользования РФ, Приволжского федерального округа и входящих в него регионов. Предложена модель поэтапного процесса проведения расчета себестоимости перевозок альтернативных видов транспорта: троллейбуса с динамической подзарядкой и городского автобуса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экономическая эффективность, эксплуатация, троллейбус с динамической подзарядкой, автобус городского типа, сравнение, экология, затраты, инфраструктура, технико-эксплуатационные показатели.

© Ю.О. Глушкова, А.В. Пахомова, А.Р. Асоян, 2018



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

COMPARISON OF ECONOMIC EFFECTIVENESS BETWEEN TROLLEY AND BUS OPERATION PROCESS ACCORDING TO ECOLOGICAL FACTOR

YU. O. Glushkova¹, A. V. Pahomova¹, A. R. Asoyan¹

¹Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin,
Saratov, Russia

ABSTRACT

Introduction. The article presents the results of the comprehensive comparative study of economic efficiency of the rolling stock on urban transport, such as trolley with dynamic charging and diesel bus, in order to solve a new problem for a large city of identifying more profitable vehicle in terms of economic, environmental and time factors.

Materials and methods. Such methods as index, comparison methods and methods of analytical calculations and dynamic series analysis are applied in the research.

Results. As a result, the algorithm of the transport mode choosing and step by step instructions of the comparison, wherein the integrated approach to the assessment of performance, was established. In addition, the necessity of supposed recommendations' application on implementation of comparison process of technical, operational and economic indicators, which take into account the revealed advantages and shortcomings of the existing types of the rolling stock was proved on the basis of the hybrid trolley and bus on diesel fuel.

Discussion and conclusions. The statistical study of dynamics' series of environmentally friendly urban modes of passenger transport by the following factors as the operational length of trolley and tram routes, volume of passenger traffic on public transport in the Russian Federation and also in Volga Federal District and its regions. The model of step-by-step process of calculation of transportations' prime cost by alternative modes of transport is offered on the example of trolley with dynamic recharging and city bus.

KEYWORDS: economic efficiency, operation, trolley with dynamic recharging, city bus, comparison, ecology, costs, infrastructure, technical and operational indicators.

© Yu. O. Glushkova, A. V. Pahomova, A. R. Asoyan, 2018



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

ВВЕДЕНИЕ

Городской пассажирский транспорт занимает важное место в экономике страны. Ежегодно данным видом транспорта в нашей стране перевозится порядка 75% пассажиров.

В России, равно как и во всём мире, в последнее время [1, с. 23–29] происходит концентрация населения в крупных городах и мегаполисах. Изучение зарубежного и отечественного опыта транспортного обслуживания городских пассажиропотоков показывает многообразие решений по дружественным для окружающей среды видам транспорта: скоростные магистрали, строящиеся в обход города или его центра (г. Осло, Норвегия – скоростные магистрали, расположенные в подземных разветвляющихся тоннелях и пересекающие город в разных направлениях) как пример сокращения занятости территории города. Для решения проблем стоянок транспортных средств применяются многоярусные, подземные гаражи, стоянки на крышах домов и эстакадах, в корпусах старых судов.

Одним из наглядных примеров использования экологичного вида транспорта в городе является метротран (сочетание трамвая и метро) в г. Волгограде. Особенность этого вида транспорта состоит в том, что часть трамвайного маршрута проходит по наземным рельсам, а часть по подземному участку под центром города, с тремя станциями. Трамвайные поезда при въезде в центр города уходят в тоннель мелкого заложения, проходят под проспектом Ленина с тремя остановками на станциях и после пересечения оврага реки Царицы разворачиваются на кольце у площади Чекистов. Подземный участок был построен за восемь лет и открылся 15 ноября 1984 года. Такое решение существенно уменьшало время в пути между центром города и его северными районами. Интервал движения составлял 10 мин, однако для доведения интервала до 2–3 мин требуются дополнительные инвестиции в приобретение новых трамваев.

Гипотеза исследования. Рассматривая вопрос об экономичности и снижении стоимости эксплуатации общественного транспорта в крупных городах и мегаполисах, имеющих достаточную энергетическую базу, усовершенствованные дороги и относительно легкий

профиль пути, актуальным будет использовать троллейбусы с динамической подзарядкой, нежели городские автобусы. В сравнении с автобусом троллейбус не загрязняет атмосферу, дешевле в эксплуатации, имеет меньший уровень шума и, как правило, большую вместимость.

Исследование отечественного и зарубежного опыта применения альтернативных видов транспорта послужило основанием для формирования модели пошагового процесса сравнения эффективности эксплуатации троллейбуса с динамической подзарядкой и автобуса, содержащей определение ключевой цели, задач, методов, результатов как основы принятия решения о перспективности данного вида транспорта крупных городов (рисунок 1). Пошаговая инструкция процедуры сравнения отличается комплексным подходом к оценке показателей эксплуатации.

Целевая установка сформулирована таким образом, чтобы процесс сравнения и выбора эффективного для населения и окружающей среды вида городского транспорта завершился определением мероприятий и механизма их реализации для разрешения многостороннего конфликта целей и проблем в системе «транспорт – окружающая среда – население» (ТОН).

Задачи, поставленные для достижения цели ТОН, носят общий системный характер, тем не менее они решаются в контексте данного исследования за счет выбора и эксплуатации эффективного вида городского транспорта.

Выбор методов решения задач обусловлен необходимостью акцентирования внимания на экономическом аспекте реализации перечисленных задач в системе ТОН, направленных на улучшение основных результатов деятельности транспортных предприятий, повышение их прибыли, рентабельности и конкурентоспособности. Это происходит за счет разработки для каждой из подсистем ТОН специфических мероприятий: выявления неиспользованных резервов ресурсообеспечения («транспорт»), сохранения необходимого уровня ресурсосбережения и охраны окружающей среды («окружающая среда»), повышения качества транспортного обслуживания как социальный аспект («население») [2, с. 116].

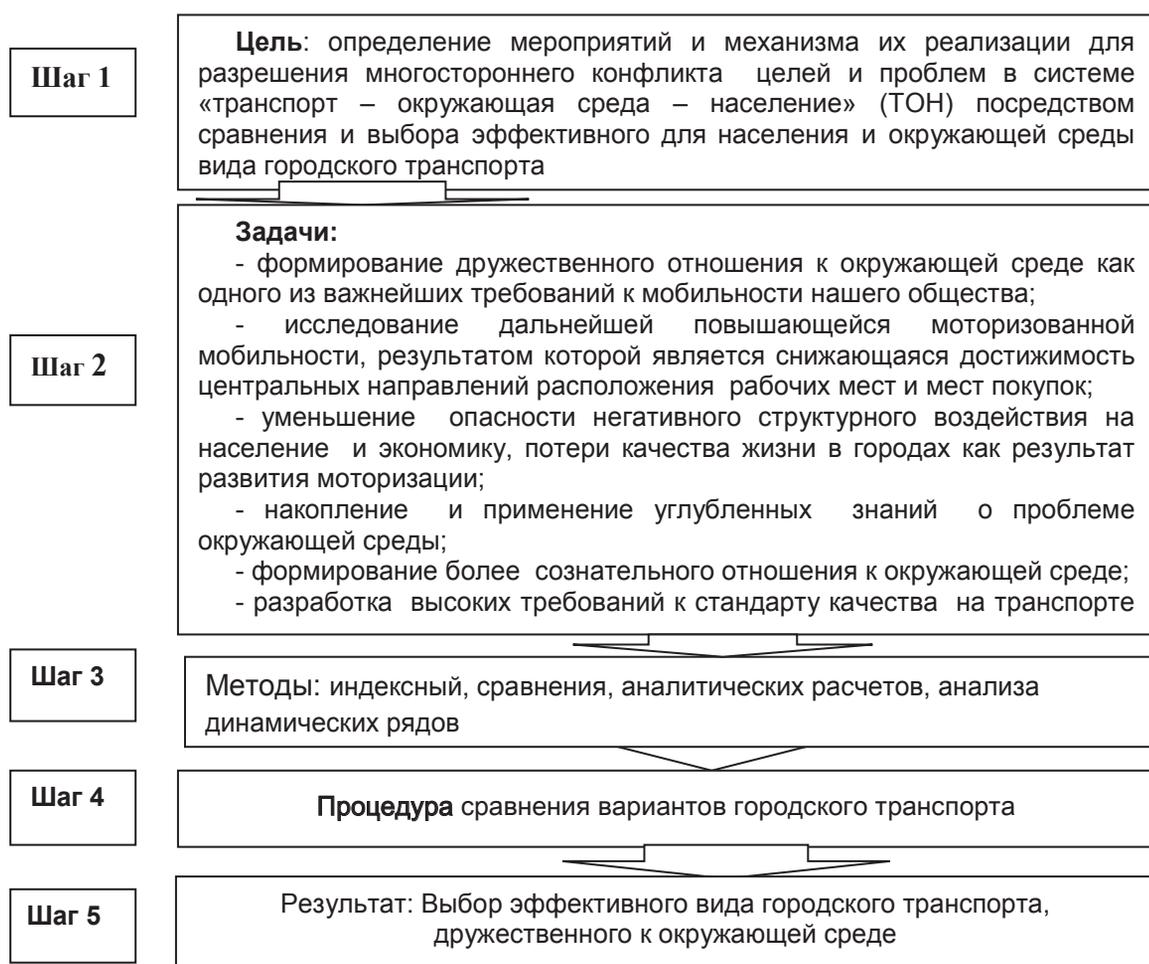


Рисунок 1 – Модель процесса сравнения эффективности эксплуатации троллейбуса с динамической подзарядкой и автобуса городского типа

Figure 1 – Process model of efficiency comparison of dynamic charging trolley and city bus operation

Источник: авторский вариант

Проведение исследования альтернативных видов городского транспорта связано с техническими областями, в рамках которых должно устанавливаться, что при всех усилиях по снижению потребления энергии автомобилями нельзя уже больше считать это снижение как «революцию». Аналогично и в отношении уменьшения эмиссии. После значительных успехов прошедших десятилетий впереди ожидаются лишь очень небольшие улучшения. Также альтернативные приводы автомобилей пока в ближайшее время не будут предоставлены. До этого предпринима-

лись попытки их продемонстрировать, однако оказалось, что новые приводы все же дороже или недостаточно мощны. ДВС – моторы сгорания вряд ли могут быть заменены в обозримом ближайшем будущем.

Что касается новых перспектив для городского транспорта¹, то исследование проблемы применения альтернативных видов топлива на городских автобусах целесообразно с точки зрения экономичности и экологичности. На основе многолетних изысканий и накопленного опыта эксплуатации автобусов, работающих на различных видах топлива, специалисты

¹Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года N 1734-р (В редакции, введенной в действие распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 июня 2014 года N 1032-р).

разных стран сделали выводы по результатам сравнительной эксплуатации с применением таких характеристик как расход топлива, запас хода в километрах, коэффициент ускорения, пуск, шумность, содержание CO, содержание NO, себестоимость и т.д. Тем не менее современные условия городской среды диктуют необходимость дальнейшего поиска альтернатив по видам транспорта, что актуализирует изыскания в сфере сравнения и экономического обоснования выбора электротранспорта или гибридного транспорта, а также транспорта, использующего ресурсы альтернативной энергетики.

В данной статье проводится комплексный сравнительный анализ троллейбуса с динамической подзарядкой как экологичного, перспективного вида транспорта и автобуса городского типа.

При выборе вида транспорта следует рассматривать вопрос об экологичности и снижении стоимости эксплуатации общественного транспорта в крупных городах и мегаполисах, имеющих достаточную энергетическую базу, усовершенствованные дороги, и выбор делать в пользу троллейбусов, нежели городских автобусов. Это утверждение аргументируем следующими данными.

Троллейбус целесообразно использовать в городах с населением более 250 тыс. жителей, на линиях с устойчивыми пассажиропотоками не ниже 2–2,5 тыс. пассажиров в час в качестве как основного, так и вспомогательного вида транспорта. В сравнении с автобусом троллейбус не загрязняет атмосферу, дешевле в эксплуатации, имеет меньший уровень шума и, как правило, большую вместимость [3, с. 581].

Однако сооружение контактной сети требует определенных затрат, она загромождает улицы и ухудшает их вид, связь с контактной сетью ограничивает маневренность и не позволяет осуществлять работу подвижного состава с разными режимами движения.

В троллейбусе сочетаются конструктивные элементы и агрегаты подвижного состава автомобильного типа и электрических железных дорог. Ходовая часть, тяговая передача и частично органы управления однотипны с оборудованием автобусов. Тяговый электродвигатель, система электрического управления и электроаппаратура имеют много общего с электрооборудованием подвижного состава электрических железных дорог [4, с. 34]. Сочетая в себе основные преимущества трамвая и автобуса, троллейбус представляет собой

одну из самых экономичных электрических систем общественного транспорта. Современные троллейбусы предусматривают возможность движения автономно, с опущенными токоприемниками до 40 километров, что актуально с учетом демонтажа контактных сетей в центральных частях крупных городов и мегаполисов в рамках программы «чистое небо». Решение в пользу троллейбуса соответствует и общемировой тенденции перехода на экологичные виды городского транспорта и объясняется следующим.

Концентрация населения в крупных городах – общемировая тенденция. В литературе эти города часто называют мегаполисами. Существует несколько определений мегаполиса. По определению ООН к мегаполисам относятся городские агломерации с населением свыше 8 млн человек. По другим определениям, основным признаком мегаполиса является наличие нескольких городских агломераций с общим населением около миллиона человек. В данной работе используется второе определение мегаполиса. То есть это крупный город, как правило, областной центр. Городов-миллионников в РФ насчитывается 15; согласно данным Росстата от 31.07.2017 г., самый крупный из них г. Москва, численность на 1.01.2017 г. 12 380 664 чел., на последнем месте г. Волгоград – 1 015 586 чел.

Одной из актуальных проблем городов-миллионников, как и других крупных городов, является транспортное обеспечение населения пассажирскими перевозками.

Проведенный экономический анализ эксплуатации пассажирского транспорта в крупных городах и мегаполисах свидетельствует о том, что для качественного осуществления перевозок, кроме подвижного состава, необходима соответствующая инфраструктура [6, с. 70–74], формирование которой осложнилось в связи с переходом на рыночные отношения. На пассажирском транспорте произошли значительные организационные изменения, которые напрямую повлияли на эффективность эксплуатации (приватизация, разукрупнение автотранспортных предприятий, возросшая конкуренция перевозчиков и т.д.). К тому же удорожание ресурсов для эксплуатации транспортных средств.

Все эти изменения в сфере эксплуатации автомобилей обусловили разделение сферы перевозок и сферы обеспечения работоспособности автомобилей. Это привело к расширению спроса на услуги централизованных специализированных производств (ЦСП), как

предприятий, способных с минимально возможными затратами обеспечить необходимый потребителю уровень качества технических воздействий, а также повысить безопасность дорожного движения, что особенно актуально для пассажирского транспорта. Немаловажную проблему составляет загрязнение воздуха выхлопными газами автотранспортных средств. Так, согласно прогнозам, в дальнейшем Азия станет доминирующим автомобильным регионом. На долю стран BRIC к 2025 г. будет приходиться более половины выпущенной продукции².

Для решения данной проблемы ведется во всем мире научный и практический поиск альтернативных видов топлива и видов городского пассажирского транспорта, дружественного к окружающей среде. Накопленный зарубежный и отечественный опыт относится в основном к электромобилям. Однако массовый переход на данный вид городского пассажирского

транспорта сдерживается необходимостью решения другой проблемы: создания адекватной инфраструктуры, в частности электростанций (ЭЭС), что в свою очередь упирается в проблему финансирования инвестиций в инфраструктурные объекты. Сравнительно новым решением является использование альтернативного городского автобуса вида транспорта – троллейбуса с динамической подзарядкой, ввод которого в эксплуатацию, как будет далее обосновано, не требует значительных капитальных затрат, если контактные сети уже существуют. Троллейбус как вид городского транспорта используется в крупных городах, характеризуется положительным развитием и в последние годы стабильностью транспортных линий по сравнению с другими видами городского электротранспорта (в данном случае с трамваем), что подтверждено рядами динамики (рисунок 2).

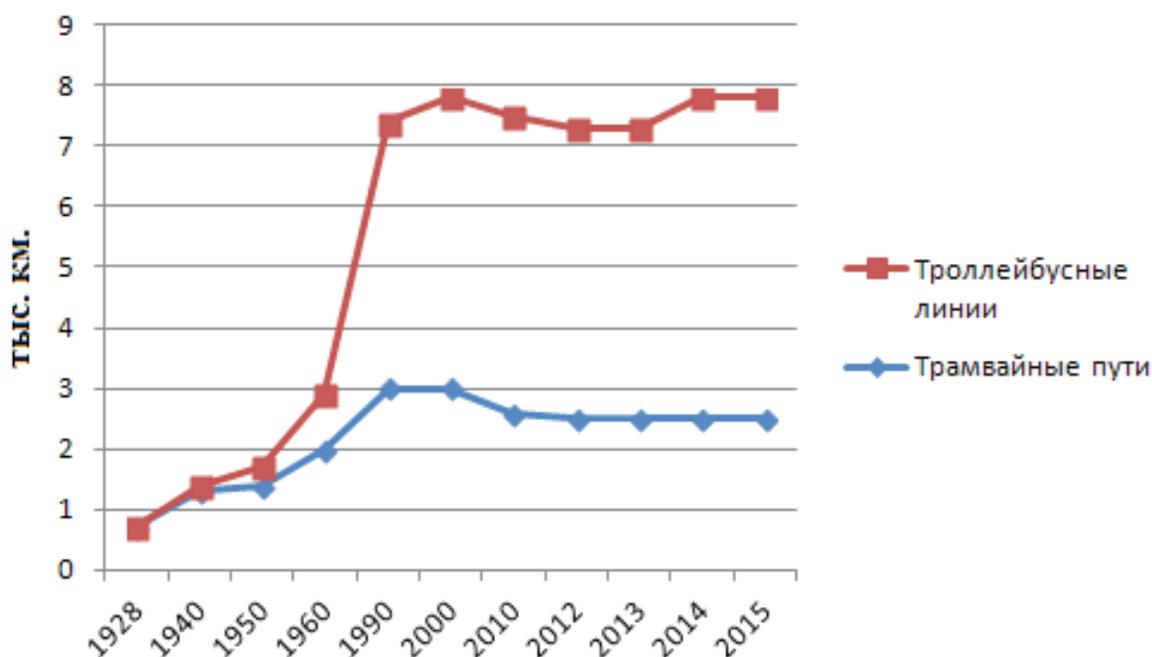


Рисунок 2 – Эксплуатационная длина путей сообщения общего пользования (на конец года),² тыс. км

Figure 2 – Operational length of public transport lines (at the end of the year), thousand km

Источник: Составлено авторами на основе статистической формы²
Раздел 20 Транспорт, 20.22. протяженность путей сообщения

² Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/year/year16.pdf (12.02.2018).

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

Объем перевозок пассажиров в последние годы сравнительно стабилен, тем не менее прослеживается тенденция приоритета у троллейбуса и трамвая, т.е. экологичных видов городского транспорта, что подтверждается проведенным анализом динамики (рисунок 3).

Менеджеры предприятий городского электротранспорта стремятся улучшить имидж троллейбуса в густонаселенных районах крупных городов, т.к. характерный шум и выхлопные газы автобусов, сопровождающие их движение, нарушают покой жителей. В местах возникновения шума и сильной загазованности воздуха от автобусов ухудшаются условия жизненной среды. В данной статье рассматриваются результаты исследования по обоснованию экономической эффективности использования троллейбуса с динамической подзарядкой (на примере г. Саратова).

Троллейбусное движение существует в г. Саратове не один десяток лет. Первый маршрут был открыт в 1952 г. протяженностью 6,2 км, самый длинный маршрут 13,2 км, общая протяженность троллейбусных линий составляет 86,6 км. По состоянию на 2017 г. в Саратове действуют 11 троллейбусных маршрутов. До 2004 г. действовал троллейбусный маршрут №9 Саратов-Энгельс. Однако в 2004 г. на мосту Саратов-Энгельс контактная сеть троллейбусов маршрута № 9 была демонтирована, и после капремонта моста восстановление маршрута не планируют, т.к. считают нерентабельным.

В настоящее время Саратовская агломерация имеет общую инфраструктуру с городом Энгельсом, расположенным на левом берегу р. Волги, общими являются энергосети, информационные и оптоволоконные линии, дамбы, общая окружная автодорога. До 2004 г. имелась общая троллейбусная система (разъединенная из-за технических проблем).

После того как троллейбусная линия, проходящая по мосту через Волгу, была демонтирована, возникла проблема, заключающаяся в несоответствии спроса на перевозки и предложения транспортных услуг. Прерванное троллейбусное сообщение между городами с достаточно высокой плотностью населения привело к определенным трудностям с мобильностью, особенно в часы пик, т.к. вместимость автобусов «Газель», на которые перешло транспортное обслуживание населения двух городов, несравнима с вместимостью троллейбуса. К тому же загрязнение воздуха над Волгой выхлопными газами от автобусов сильнее. Транспортные предприятия, министерство транспорта начали вести поиск новых решений, позволяющих устранить возникшие проблемы.

Предлагаемое решение проблемы состоит в использовании альтернативы автобусу – троллейбуса с динамической подзарядкой, которое направлено на обеспечение следующих преимуществ:

– заметное снижение отрицательного воздействия на окружающую среду (отсутствие

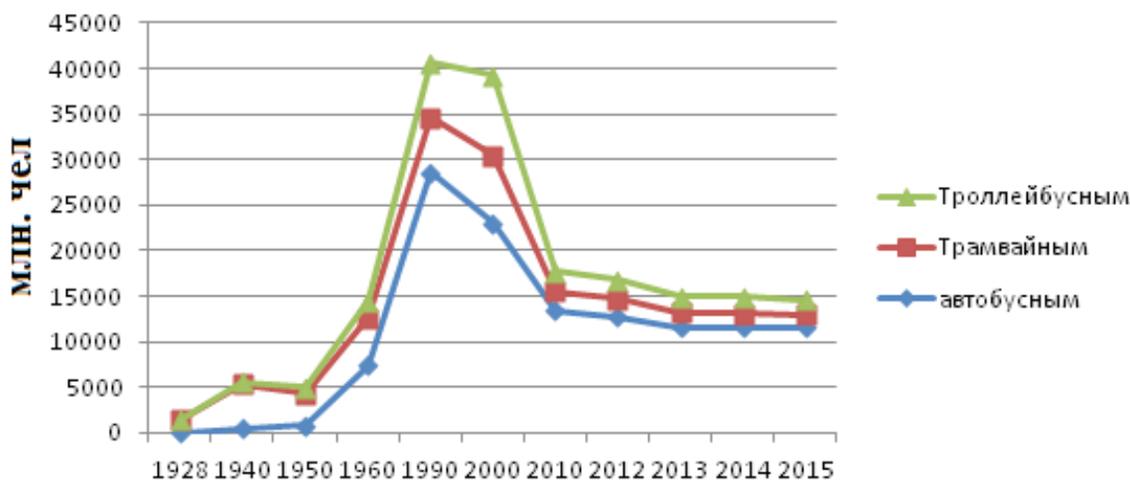


Рисунок 3 – Перевезено пассажиров транспортом общего пользования, млн чел.²

Figure 3 – Quantity of passengers' transportation by public transport, million people

Источник: Составлено авторами на основе статистической формы² Раздел 20 Транспорт, 20.17. перевозки пассажиров и пассажирооборот транспорта общего пользования по видам сообщения

выхлопных газов) – экологическая безопасность;

– увеличение пассажирооборота за счет большей вместимости троллейбуса по сравнению с автобусом – решение социальной проблемы;

– возможность ресурсосбережения (экономика за счет топливной составляющей).

Однако переход от автобуса на троллейбус с динамической подзарядкой требует дополнительных расходов на переоборудование троллейбуса (соответствующие аккумуляторные батареи) и создание инфраструктуры (зарядных пунктов). Эти расходы предназначены для решения следующих задач:

– установки в районах остановок транспорта зарядных пунктов, с помощью которых троллейбус подзарядается (аккумуляторные батареи);

– обеспечения необходимой мощности системы подзарядки, представляющей собой набор оборудования, комплектация которого позволяет осуществлять подзарядку троллейбуса с минимальными простоями;

– обеспечение достаточных, надежных источников энергоснабжения зарядных пунктов.

Главным аргументом в пользу троллейбуса с динамической подзарядкой является то, что ввод в эксплуатацию такого троллейбуса в рассматриваемом примере на маршруте Саратов-Энгельс может быть осуществлен практически «здесь и сейчас», не требуется значительных инвестиций, т.к. сохранена контактная линия на бывшем троллейбусном маршруте №9 от вокзала до моста в г. Саратове и от моста до центра г. Энгельса. Троллейбус ТРОЛЗА «Мегаполис» оснащен автономным устройством для подзарядки, которое используется во время движения троллейбуса на бесконтактном участке маршрута, в данном случае по мосту через р. Волга. Таким образом, использование динамической подзарядки решает вопрос беспересадочной поездки пассажиров на маршруте длиной 14 км, соединяющем два города современной Саратовской агломерации, что приводит к экономии времени и затрат пассажиров на поездку из Саратова в Энгельс.

ОБСУЖДЕНИЕ

Тема альтернативных видов городского транспорта горячо и активно обсуждается ученым сообществом и практиками, особенно в последние годы. Необходимость решения транспортных проблем в агломерациях обусловлена тем обстоятельством, что в ряде случаев имеет место кризисное состояние традиционных видов транспорта, проявляющееся в усугублении проблем безопасности и экологии, несоответствии провозной способности пассажирского транспорта пассажиропотоку. Более того, актуальность этой темы определяется социально-значимым характером городских пассажирских перевозок, связанных с выполнением социального заказа.

На основе многолетних изысканий и накопленного опыта эксплуатации автобусов, работающих на различных видах топлива, специалисты разных стран сделали выводы по результатам сравнительной эксплуатации с применением таких характеристик, как расход топлива, запас хода в километрах, коэффициент ускорения, пуск, шумность, содержание CO, содержание NO, себестоимость. Страны мира принимают различные меры по сокращению вредных выбросов в атмосферу. Так, Еврокомиссия объявила о своих планах снизить допустимый уровень выброса углекислого газа к 2020 г. до 95 граммов на километр для легковых автомобилей, а малых грузовиков – до 147. Еврокомиссия подсчитала, что сокращение выбросов на 5 граммов поможет сэкономить автовладельцам около 340 евро на бензин в год [7, с. 193].

Современные троллейбусы предусматривают возможность движения автономно, с опущенными токоприемниками до 40 километров, что актуально, с учетом демонтажа контактных сетей в рамках программ «чистое небо» в крупных городах и мегаполисах.

Перераспределение пассажирооборота в пользу троллейбуса имеет перспективу, учитывая незначительный пассажирооборот троллейбусного транспорта по сравнению с автобусным (рисунок 4).

Проведенный анализ рядов динамики объемов перевозки пассажиров в региональном аспекте, в т.ч. Приволжском федеральном

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

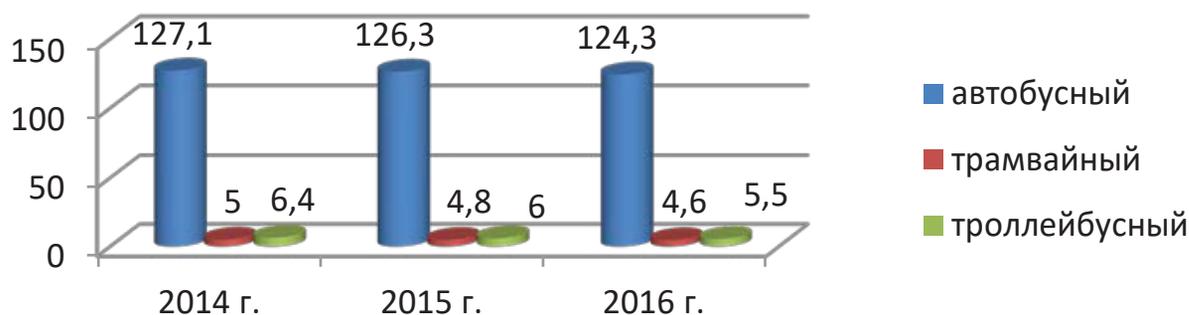


Рисунок 4 – Пассажирооборот по видам транспорта общего пользования РФ (млрд пасс.-км) ^[2]

Figure 4 – Passenger turnover by public transport in the Russian Federation ((billion.pass.-km)

Источник: Составлено авторами на основе статистической формы^[2] Раздел 20 Транспорт, 20.16. пассажирооборот по видам транспорта общего пользования passenger turnover by public transport MODES

округе, показал сравнительно стабильный темп по отношению к 2005 г.; максимальное значение темпа в Саратовской области 104,61 %, а минимальное значение в Республике Марий Эл – 81,43 % (рисунок 5).

Поставщиком троллейбусов с динамической подзарядкой является Энгельсский завод ТРОЛЗА. Первый опытный образец троллейбуса изготовлен к 1 мая 1951 г., к концу года выпущен 21 троллейбус марки «МТБ-82». В 1955 г. спроектирован и построен пассажирский троллейбус собственной конструкции ТБУ-1; в 2000 г. – серийное производство первого троллейбуса с пониженным уровнем пола

Тролза-5275.05 «Оптима»; в 2002 г. разработана совершенно новая модель троллейбуса ЗиУ-682Г-016.02 [8], имеющая новый дизайн и вынос электрооборудования на крышу; в 2003 г. разработана новая модель троллейбуса ЗиУ-682Г-016.03, отличающаяся от ЗиУ-682Г-016.02 выполнением основания кузова из открытого профиля, что сделало его более прочным и стойким к коррозии. В 2005 г. завод представил общественности модель троллейбуса с низким уровнем пола ТРОЛЗА-5265 «Мегаполис». В «Мегаполисе» максимально реализована социальная направленность общественного транспорта: уровень пола маши-

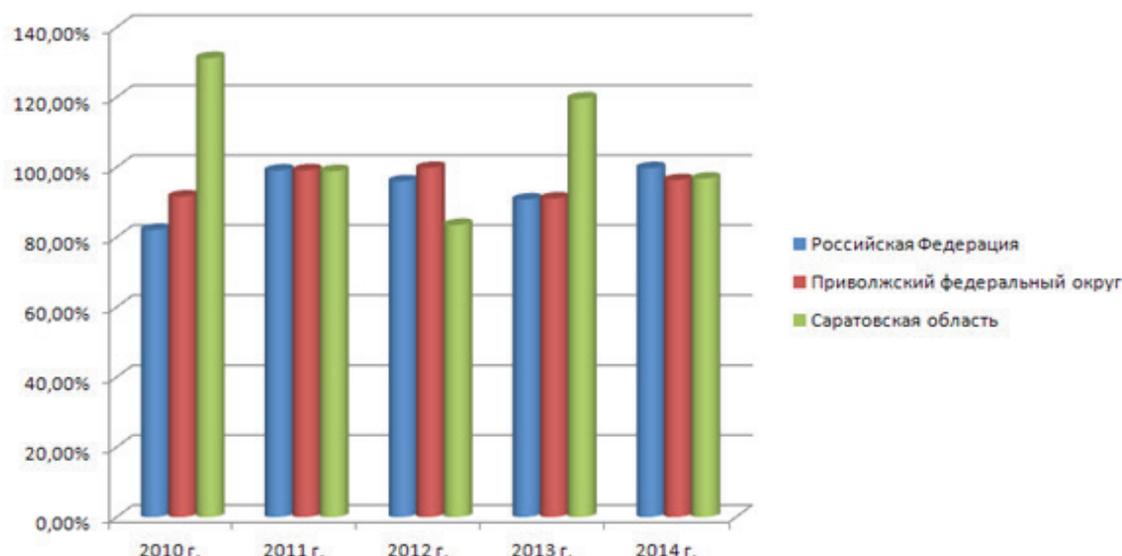


Рисунок 5 – Объем перевозки пассажиров (% к 2005 году) ^[2]

Figure 5 – Volume of passenger transportation (% by 2005)

Источник: Составлено авторами на основе статистической формы^[2] Раздел 20 Транспорт, 20.14. перевозки пассажиров по видам транспорта общего пользования passenger transportation by public transport MODES

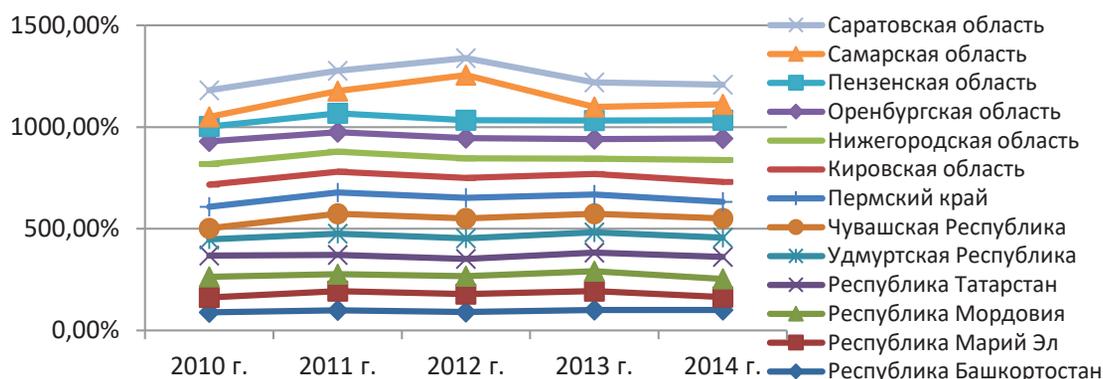


Рисунок 6 – Темпы изменения объема перевозок пассажиров по Приволжскому федеральному округу, (% к 2005 году) [2]

Figure 6 – Changing rate of the passenger transportation's volume in Volga Federal District, (% to 2005)

Источник: Составлено авторами на основе статистической формы [2] Раздел 20 Транспорт, 20.2. основные показатели транспортной деятельности по субъектам Российской Федерации в 2016 г. main indicators on transport activities by constituent entities of the russian federation in 2016



Рис. 7 – Троллейбус ТРОЛЗА-5265 «Мегаполис»

Figure 7 – TROLZA-5265

ны понижен, его высота над проезжей частью не превышает 360 мм. Это делает троллейбус удобным для посадки и выхода детей, пожилых людей, людей с ограниченной подвижностью, пассажиров с детскими колясками или другим крупногабаритным грузом; в 2006 г. на базе «Мегаполиса» создан сочлененный троллейбус особо большой вместимости ТРОЛЗА-6206.

В 2008 г. выпущен первый экологически чистый автобус с гибридной силовой установкой

на базе троллейбуса семейства «Мегаполис». Троллейбус ТРОЛЗА-5265 «Мегаполис» представляет собой двухосный троллейбус большой вместимости с жесткой базой и низким уровнем пола (360 мм) (рисунок 7) [3, 4, 5].

При проектировании троллейбуса «Мегаполис» инженеры применили инновации [8, Р. 1644–1651] в области дизайна и эргономики, безопасности движения. В обшивке кузова более 80% деталей выполнены из композитных материалов, являющихся более легкими, травмобезопасными и долговечными. По площади остекления салона «Мегаполису» нет равных на рынке. Значительно улучшен обзор, применена прогрессивная светотехника галогенного типа, стали обязательными антиблокировочная система тормозов (АБС) и система контроля токоутечки. Но самое главное – все машины семейства «Мегаполис» имеют низкий уровень пола на всем пространстве пассажирского салона, предназначенном для стоящих пассажиров. Не обошли стороной и экономическую эффективность – асинхронный электрический двигатель вкпе с современным тяговым приводом на основе IGBT-транзисторов позволяют экономить до 35% электроэнергии, а увеличенный срок службы кузова обеспечит быструю окупаемость дорогостоящих технологий, примененных в данной модели. В 2013 г. троллейбус с динамической подзарядкой

³ Троллейбусные города России [Электронный ресурс] URL: <http://trollcity.narod.ru/> (27.12.2017)

⁴ Городской электротранспорт [Электронный ресурс] URL: <http://transphoto.ru/> (12.02.2018)

⁵ Закрытое Акционерное Общество «Тролза» [Электронный ресурс] URL: <http://www.trolza.ru/> (12.02.2018)

проходил испытания, в процессе которых решается, в том числе проблема техническая – увеличения автономного хода, зависящего в свою очередь от применяемых на троллейбусе аккумуляторных батарей. Для ввода в эксплуатацию данных троллейбусов требуется комплексное инфраструктурное решение: создание зарядной сети (зарядных станций), определение источников их энергоснабжения, выявление городских маршрутов, на которых наиболее выгодно применять троллейбусы с динамической подзарядкой, размещение соответствующих дорожных знаков. Тем не менее применение таких троллейбусов – это наше будущее, это экологически чистый первый троллейбус, дружественный городской среде.

МЕТОДЫ

Постановка задачи: описание проблемной ситуации.

Троллейбус с подзарядкой предназначен в данном примере для эксплуатации на маршруте Саратов-Энгельс (железнодорожный вокзал г. Саратов – Центральная площадь г. Энгельс). Маршрут проложен от вокзала по автомобильному мосту через реку Волгу. Общая длина маршрута 14 км. В настоящее время действие троллейбусного маршрута Саратов-Энгельс приостановлено, ввиду того что в 2004 г. было принято решение демонтировать контактную сеть через мост. Пассажиропоток осваивается автобусным транспортом (автобусы, принадлежащие саратовским предпринимателям). Рост пассажиропотока между городами, включение Энгельса в городскую агломерацию обостряют проблему транспортного обслуживания населения городов и создают ограничения для пассажиров как по времени, так и по качеству перевозки (необходимость пересадок). Для решения проблемы предлагается заменить часть автобусов ЛиАЗ с дизельным двигателем троллейбусами с динамической подзарядкой.

Требуется провести экономическое обоснование и сравнение эксплуатации троллейбуса с динамической подзарядкой и автобуса на дизельном топливе.

Для обоснования выбора вида городского транспорта для перевозки пассажиров проведем сравнение рассматриваемых видов транспорта по ряду факторов: экологических, надежности, экономических, скорости, шумового воздействия с целью выявления преимуществ

и недостатков выбранных для анализа видов городского пассажирского транспорта [9, с.16].

Экологические факторы.

В год автобус с дизельным двигателем выбрасывает полторы тонны CO₂, тонну оксида азота, 500 кг серы и 200 кг твердых микрочастиц. Замена даже одного автобуса на троллейбус скажется на состоянии окружающей среды.

При средней загрузке дорог доля ответственного транспорта в потоке – 1,5%, в час пик доля падает до 0,9%. Основное загрязнение воздуха происходит от личных машин. Если убрать все автобусы вообще, на экологию это почти не повлияет. Троллейбус получает энергию от электростанций, которые в свою очередь за год выбрасывают в атмосферу в 1,5 раза больше вредных веществ, чем автобус. Однако ТЭЦ разбросаны по городу, имеют высокие трубы и их выбросы сразу уходят в атмосферу. А выхлопная труба автобуса у самой земли, и человек дышит этими вредными выбросами. Отсюда следует преимущество троллейбуса.

Надежность.

Принято считать, что троллейбус служит в 1,5–2 раза дольше автобуса. Конструкция троллейбуса проще – у него нет трансмиссии, бензобака, громоздкого двигателя, оснащен одним небольшим электромотором [10, с. 117]. Троллейбус проще обслуживать, он дольше работает [11, с. 123–154]. Западные модели эксплуатируются в течение 12 лет. К тому же электричество обходится гораздо дешевле дизельного топлива. Однако единственный оставшийся в стране завод-изготовитель производит троллейбусы, в которых приходится производить некоторые доработки для эксплуатации. Если за год на обслуживание одного автобуса уходит 52 ч, то на один отечественный троллейбус требуется 770 ч. Таким образом, по данному параметру преимущества у автобуса.

Экономические факторы.

Электричество обходится гораздо дешевле дизельного топлива. По официальным данным Мосгортранса, за год автобус сжигает горючего на 900 тыс. руб. Троллейбус расходует электричества только на 500 тыс. руб. Потребление электроэнергии видами городского наземного пассажирского вида транспорта в РФ приведено на рисунке 8.

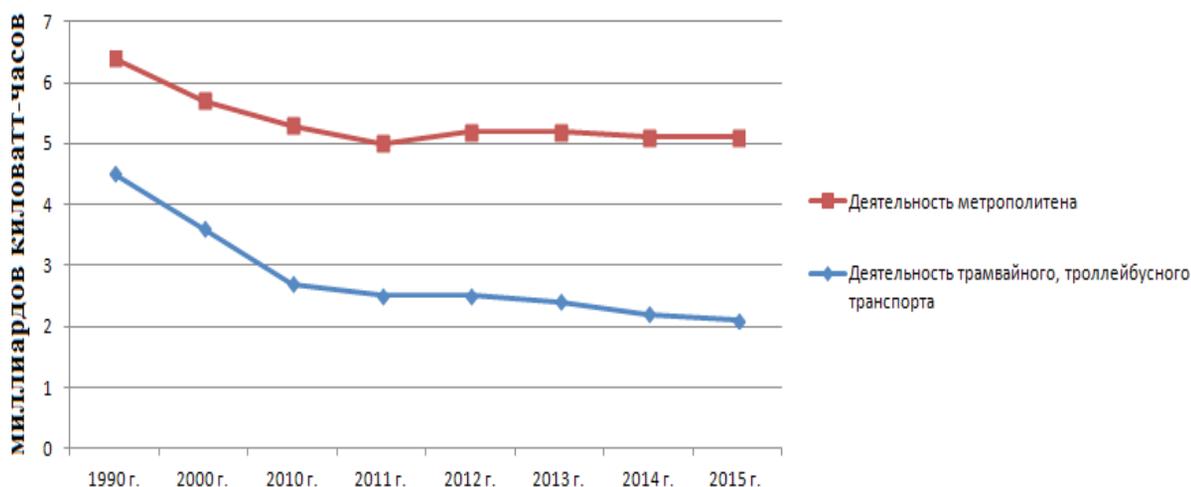


Рисунок 8 – Потребление электроэнергии организациями по видам деятельности транспорта (миллиардов киловатт-часов) ^[2]

Figure 8 – Energy consumption of organizations by transport activity (billions of kilowatt hours) ^[2]

Источник: составлено авторами на основе статистической формы

На обслуживание контактной сети (например г. Москва) в год тратит 766 млн руб., т.е. по 478 тыс. на троллейбус.

Если принять во внимание только прямые расходы на движение, то в год каждый троллейбус обходится на 78 тыс. дороже. Следовательно, по данному параметру преимущество у автобуса.

Шумовое воздействие.

Новые европейские троллейбусы практически беззвучные – как хорошие электромобили. При качественной шумоизоляции пассажиры в салоне не слышат, что происходит на улице. Тем более посторонних шумов меньше, чем от автобуса. И ход у троллейбуса лучше: коробки передач нет, рывков нет, разгон происходит плавно.

Наша практика показывает, что от российских троллейбусов звуков (60–80 децибел) лишь чуть меньше, чем от новых автобусов (75–85 децибел). Если учесть фоновый шум улицы (75 децибел), то разницы практически никакой. Таким образом, незначительное преимущество троллейбуса.

Скорость.

Проблема городских троллейбусов – старые «стрелки» (там, где провода расходятся в разные стороны). Они «медленные», их надо проезжать со скоростью 5 км/ч. Из-за этого троллейбусы тормозят остальное движение.

На замену стрелок надо больше 1 млрд руб. (пример г. Москвы). «Быстрых» стрелок, которые проезжаются со скоростью 60 км/ч, в стране не делает ни один завод.

У автобусов такие проблемы отсутствуют, им не надо тормозить на перекрестках перед «стрелками», и водитель может разогнаться до 60–80 км/ч. Обычно скорость автобуса ограничена потоком окружающих машин [12].

Еще одно преимущества автобуса – он мобилен, легко может объехать препятствие, в то время как троллейбус вынужден стоять, если перед ним (или с ним) что-то случилось. Значит, по данному параметру приоритет у автобуса.

Несмотря на то что автобус по некоторым составляющим сравнения не имеет над троллейбусом никаких преимуществ: он более «грязный», более шумный, медленнее разгоняется – на автобусные перевозки приходится значительный пассажирооборот, особенно в тех городах и населенных пунктах, где отсутствует альтернативный транспорт. Троллейбус как экологичный, «тихий» вид транспорта, являющийся к тому же частью исторического наследия городов, обладает рядом преимуществ. В нашей стране самая большая троллейбусная сеть. Таким образом, развитие электрического транспорта соответствует мировой тенденции перехода к экологичному транспорту.

На основании использования метода сравнения по ряду составляющих, наиболее значимых для оценки эффективности и принятия решения о выборе вида транспорта, проведем анализ и обобщение преимуществ и недостатков «троллейбус–трамвай», «троллейбус – автобус».

Преимущества троллейбуса по сравнению с трамваем:

- первоначальные затраты на строительство троллейбусной линии значительно меньше, чем трамвайной, так как для пуска троллейбусной линии не требуется вскрытия дорожного полотна, строительства обособленного пути (используется существующая дорожная инфраструктура). Необходимо лишь протянуть воздушную контактную сеть;

- относительно высокая маневренность троллейбуса, хотя и ограниченная контактной сетью;

- резиновые шины троллейбуса имеют лучшее сцепление с дорогой, чем стальные колеса трамвая, что позволяет эксплуатировать его на трассах с большими уклонами;

- дорожное полотно, используемое троллейбусной линией, может использоваться автомобильным транспортом. Движение автотранспорта по трамвайным путям может быть затруднено;

- трамвайные пути требуют трудоемкого ремонта и обслуживания, чего лишена контактная сеть троллейбуса.

Сравнение «троллейбус – автобус».

Преимущества троллейбуса.

Троллейбус отличается важным преимуществом перед автобусом – за счет электродвигателей, имеющих большой КПД, они быстрее разгоняются и могут разогнаться при движении в гору. Это наряду с экологичностью троллейбуса сделало данный вид транспорта особенно выгодным в условиях пересеченной местности, где автобусы трудно преодолевают подъемы, а трамваи не применимы из-за уклонов. Например, всем известна линия Симферополь-Ялта длиной 86 км, по которой налажено стабильное троллейбусное движение. На этой линии применен дополнительный способ повышения надежности энергохозяйства – натянута три провода троллера, питаемых от разных подстанций.

Современные троллейбусы по уровню комфорта не уступают автобусам и даже превосходят их за счет отсутствия запаха бензина и выхлопов в салоне.

Среди других преимуществ троллейбуса: он не загрязняет воздух продуктами сгорания; срок службы троллейбуса больше, чем автобуса; затраты на обслуживание троллейбусного парка меньше, чем на обслуживание автобуса.

Недостатки:

- первоначальные затраты на развертывание троллейбусной сети выше, чем для автобусной;

- троллейбус потребляет больше электроэнергии, чем трамвай;

- провозная способность троллейбуса в среднем ниже, чем у трамвая;

- троллейбус очень чувствителен к состоянию дорожного покрытия и контактной сети, особенно к обледенению контактного провода;

- затруднен обгон одного троллейбуса другим, если это не предусмотрено контактной сетью;

- троллейбус не может менять маршрут, хотя и более гибок в этом отношении, чем трамвай;

- троллейбус опаснее трамвая из-за существования «токов утечки»;

- троллейбус менее экологичен, чем трамвай – при трении колес об асфальт возникает вредная резиновая пыль;

- существует опасность остановки на обесточенном участке на пересечении и троллейбусной стрелке, например при «подрезании» другим транспортом;

- контактная сеть троллейбуса несколько портит облик улиц, особенно в исторических центрах городов.

Основным критерием выбора вида транспорта является экономический фактор. Проведем сравнение экономических показателей троллейбусного транспорта с автобусом и их влияния на экономику города.

Электроэнергия для 1 км пробега троллейбуса стоит примерно 9 руб. (расход электроэнергии для движения троллейбуса – 2кВт·ч/км). Стоимость 1кВт·ч для метрополитена по этим данным – 3 руб. Тарифы для юридических лиц выше, поэтому мы взяли примерный тариф для юридических лиц (4 руб. и небольшой запас), получили 4,5 руб. за 1кВт·ч, соответственно, 9 руб. за километр.

Дизельное топливо для 1 км пробега автобуса стоит примерно 16 руб. (источник госконтракт на аутсорсинг автобусного маршрута в г.Москве). Для расчёта начальной цены контракта брались условия: расход топлива для автобусов БВ 48 л/км (с учётом зимы и т.п.), стоимость литра дизтоплива на тот момент – 34 руб. Итого – 16,32 руб./км.

Технические характеристики ЛиАЗ-5256 городского: тип кузова – несущий, цельнометаллический, вагонной компоновки; колесная формула 4х2 задние; общее число мест (в т.ч. посадочных) – 110 (23); шины – 275/70 R 22,5; максимальная скорость – 90 км/ч; расход топлива (дизельное) – 32 л/100 км; цена (предложения) автобуса 8,7 млн руб.

Технические характеристики троллейбуса ТРОЛЗА-5265 «Мегаполис» приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРОЛЛЕЙБУСА ТРОЛЗА -5265 «МЕГАПОЛИС»
TABLE 1
TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE TROLLEYBUS TROLZA -5265 "MEGAPOLIS"

Параметр	Значение
Габаритные размеры троллейбуса, мм	Длина 11 700; ширина 2 500; высота (с опущенными токоприемниками) 3 410
Высота пола над уровнем проезжей части, мм	360
Пассажироместимость, чел.	100/ мест для сидения 18
Максимальная скорость при полной нагрузке, км/ч	60
Максимальный подъем, преодолеваемый троллейбусом при полной нагрузке, %	15
Время разгона троллейбуса на горизонтальном участке дороги при полной нагрузке до скорости 50 км/ч, с	22
Внутренний шум, дБА:	на рабочем месте водителя 78; в пассажирском салоне 82
Внешний шум, дБА	78
Удельный расход электроэнергии на тягу при скорости сообщения 23 км/ч, Вт ч/ткм	– с учетом рекуперации 105 – без учета рекуперации 125
Цена троллейбуса, млн руб.	18 млн руб.

Источник: составлено авторами на основе статистической формы

Проведем расчет себестоимости 1 км для того и другого видов транспортного средства. Пробег среднесуточный – 168,0 км, пробег за год 53 760 км, объем перевозок пассажиров за сутки 960 чел. (трол.), 720 чел. (авт.). В основе расчетов действующие нормы и нормативы, цены на эксплуатационные и ремонтные ресурсы, действующие на конец ноября в Саратовской области. Величину себестоимости в расчете на 1 км определяем по формулам:

при перевозках автобусами:

$$C_{\text{авт}} = Z_{\text{от}} + Z_{\text{сот}} + Z_{\text{т}} + Z_{\text{см}} + Z_{\text{то и р}} + Z_{\text{ш}} + Z_{\text{то}} + Z_{\text{ам}} + Z_{\text{нр}}, \text{ руб./ км} \quad (1)$$

при перевозках троллейбусами:

$$C_{\text{трол}} = Z_{\text{от}} + Z_{\text{сот}} + Z_{\text{эдр}} + Z_{\text{см}} + Z_{\text{ш}} + Z_{\text{то}} + Z_{\text{ам}} + Z_{\text{скст}} + Z_{\text{стпт}} + Z_{\text{срд}} + Z_{\text{нр}}, \text{ руб./ км} \quad (2)$$

Результаты расчета себестоимости приведены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПО СТАТЬЯМ СЕБЕСТОИМОСТИ, РУБ./КМ.
TABLE 2
CALCULATION RESULTS BY COST ITEMS, RUB / KM.

Статьи себестоимости	Усл. обознач.		Значение Авт.	Значение Трол.
	Авт.	Трол.		
Расходы на оплату труда водителей и кондукторов	$Z_{\text{от}}$	$Z_{\text{от}}$	32,72	13,56
Отчисления на социальные нужды	$Z_{\text{сот}}$	$Z_{\text{сот}}$	7,18	3,55
Расходы – на топливо для автобусов; – на электроэнергию на движение троллейбусов	$Z_{\text{т}}$	$Z_{\text{эдр}}$	5,32	11,65
Расходы на смазочные и прочие эксплуатационные материалы для автобусов / троллейбусов	$Z_{\text{см}}$		6,48	0,34
Расходы на износ и ремонт шин	$Z_{\text{ш}}$	$Z_{\text{ш}}$	15,46	1,26
Расходы на ТО и ремонт автобусов/троллейбусов	$Z_{\text{то и р}}$	$Z_{\text{то и р}}$	8,14	7,39
Амортизационные отчисления	$Z_{\text{ам}}$	$Z_{\text{ам}}$	19,57	17,67
Расходы на содержание контактно-кабельной сети троллейбуса	–	$Z_{\text{скст}}$	–	2,78
Расходы на содержание тяговых подстанций троллейбуса	–	$Z_{\text{стпт}}$	–	1,03
Расходы на содержание службы движения троллейбуса	–	$Z_{\text{срд}}$	–	0,38
Накладные расходы	$Z_{\text{нр}}$	$Z_{\text{нр}}$	8,03	5,55
Итого	$C_{\text{авт}}$	$C_{\text{трол}}$	102,9	65,16

Источник: составлено авторами на основе статистической формы

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

Существует множество критериев оценки вариантов перевозки пассажиров, но в каждой конкретной ситуации выбирается тот критерий, который отвечает задачам исследования. Проведем сравнение приведенных затрат троллейбуса с динамической подзарядкой и городского автобуса с дизельным двигателем. Выбор вида транспорта осуществляется по минимуму приведенных затрат, включающих текущие затраты и капитальные вложения в подвижной состав, приведенные к текущим затратам посредством коэффициента эффективности. Вариант выбирается по минимуму приведенных затрат. Блок-схема алгоритма расчета приведенных затрат представлена на рисунке 9.

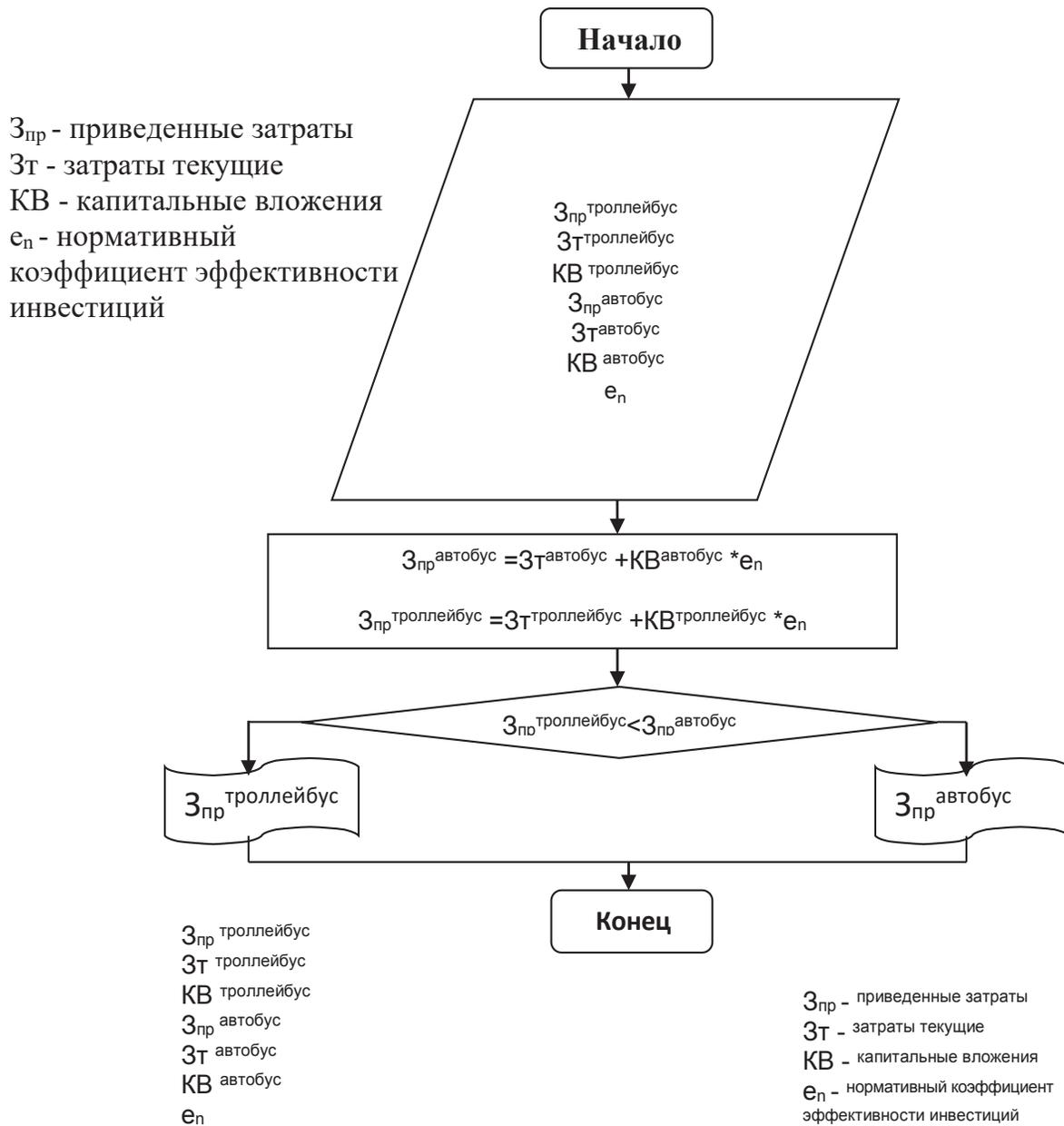


Рисунок 9 – Блок-схема алгоритма выбора вида транспорта на городских пассажирских перевозках

Figure 9 – Block diagram of transport mode algorithm's choosing by urban passenger transportation

Источник: составлено авторами

Согласно расчетам приведенные затраты по троллейбусу составили 7,679 2 млн руб., по автобусу ЛиАЗ 7,794 2 млн руб., что подтверждает гипотезу о выгоде применения троллейбуса с динамической подзарядкой.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенное сравнение альтернативных видов городского пассажирского транспорта показало, что применение троллейбуса с динамической подзарядкой целесообразно с точки зрения меньшей себестоимости, а также экономии за счет топливной составляющей (при движении на бесконтактном участке сети). Актуальность выполненного исследования соответствует общемировому тренду на оздоровление экологической ситуации мегаполисов. Достаточно сказать, что 91,3% загрязнений воздуха происходит в результате работы автомобильного транспорта, 3,7% – железнодорожного. Автомобиль расходует на 900 км пробега воздуха столько же, сколько человек за год. Основные пути уменьшения вреда от выхлопных газов: замена бензина на газ, спирты, углеводородное топливо не на нефтяной основе, а особенно на электроэнергию и водород, добавки к топливу, электронная система зажигания и т.д. Ограничение потребления дизельного топлива и масел для автобуса определяет экологическую безопасность в будущем. В данном случае это применение троллейбуса с динамической подзарядкой.

Польза полученных результатов для потенциальных потребителей услуг пассажирского транспорта, предоставляемых посредством использования троллейбусов с динамической подзарядкой, состоит в осознании потребителями обостряющейся экологической обстановки, причем ее осознание обществом будет способствовать увеличению сбыта пассажирских услуг с применением дружественного к окружающей среде вида транспорта и тем самым росту объемов продаж услуг пассажирского транспорта при выполнении им социального заказа при соответствующей инфраструктуре [13, с.60–69].

В процессе внедрения на городских маршрутах троллейбусов с динамической подзарядкой решаются следующие стратегические задачи для городской агломерации:

– создается техническая база для организации беспроводного движения троллейбуса на городских маршрутах;

– на троллейбусах формируется система оборудования для подзарядки и движения в автономном режиме независимо от контактной сети;

– область применения таких троллейбусов, хотя в настоящее время и ограничена отсутствием инфраструктуры (зарядных пунктов), но может найти расширенное применение при условии создания сети зарядных пунктов на территории городских агломераций на действующих и перспективных маршрутах городского троллейбусного транспорта.

Предложенные в результате исследования рекомендации по формированию алгоритма выбора и пошаговой инструкции процедуры сравнения вида транспорта, отличающиеся комплексным подходом к оценке показателей эксплуатации и апробированные на примере реального городского маршрута, представляют методический инструментарий менеджерам транспортных управлений и предприятий для обоснования принимаемых решений по альтернативным видам транспорта, экономичным и дружественным к окружающей среде [14, с. 70–77].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глушкова Ю.О., Гордашникова О.Ю., Пахомова А.В. Влияние фактора времени на транспортное обслуживание международной цепи поставки // Вестник СибАДИ. 2017. № 6(58). С. 23-29. DOI:10.26518/2071-7296-2017-6(58)-23-29
2. Новиков Д., Субботин А. Оптимальное сочетание организационно-управленческих и технико-технологических новаций в логистике // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2012. № IV. С. 112-117.
3. Горшенин А.В. Троллейбус как вид пассажирского транспорта: к истории возникновения и развития // Молодой ученый. 2013. №5. С. 580-582. URL <https://moluch.ru/archive/52/6770/> (дата обращения: 05.12.2017).
4. Ребров С.А. Устройство и техническая эксплуатация троллейбусов – изд. 2-е. К.: Будівельник, 1972. С. 21-25.
5. Сафронов К.Э. Методы экономической оценки доступной транспортной инфраструктуры // Вестник экономики, права и социологии. 2011. № 2. С. 70-74.
6. Wyman Oliver. MONDIAL DE L'AUTOMOBILE 2012 / Oliver Wyman. Bilan & d'ifis de l'industrie automobile al'horizon. 2020. 17 Septembre 2012. pp. 117-200.
7. Мухаметова М. Основные тенденции в мировой автомобильной промышленности // РИСК. 2012. № IV-2012. С. 193. С. 189–195.
8. Plotnikov A. N., Plotnikov D. A., Tyurina V. Yu., Slavnetskova L. V., Golubeva S. S., Glushkova Yu. O. Subprime Venture Investment

of Knowledge-Consumptive Enterprises for the Purpose of Design and Commercialization of Hi-Tech Products. // *International business management*. 2015. Vol. 9 (7). P. 1644-1651.

9. Пономарёв А.А., Иеропольский Б.К. Подвижной состав и сооружения городского электротранспорта. М.: Транспорт, 1981. 274 с.

10. Denisov A., Biniyazov A. Analytical background of the effect of level the oil in the crankcase on its service life and reliability of the engine // *Technology and Higher Education*. 2015. pp. 123-154.

11. Веклич В.Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов. М.: Транспорт, 1990. 295 с.

12. Баширзаде Р.Р., Глушкова Ю.О., Пахомова А.В. Роль транспортной инфраструктуры в логистике интеграционных объединений // *Транспорт: наука, техника, управление*. 2017. № 6. С. 50-54 .

13. Мочалин С.М., Каспер М.Е. Выбор метода оценки результативности функционирования комплексных систем в теории пассажирских автомобильных перевозок // *Вестник СибАДИ*. 2018. № 15(1). С. 60-69. DOI:10.26518/2071-7296-2018-1-60-69

14. Толебаева А.Х., Витвицкий Е.Е. Совершенствование оперативного планирования перевозок собственных грузов предприятий мелкими отправлениями в городах // *Вестник СибАДИ*. 2018. № 15(1). С. 77-87. DOI:10.26518/2071-7296-2018-1-77-87

REFERENCES

1. Glushkova Y.O., Gordashnikova O.Y., Pahomova A.V. The effect of time on transport services of the international supply chain. *Vestnik SibADI*, 2017, no. 6(58), pp. 23-29. (In Russ.) DOI:10.26518/2071-7296-2017-6(58)-23-29

2. Novikov D.F. Optimal'noe sochetanie organizacionno-upravlencheskih i tekhniko-tekhnologicheskikh novacij v logistike [The optimal combination of organizational and managerial and technical and technological innovations in logistics]. *RISK: Resursy, Informaciya, Snabzhenie, Konkurenciya*, 2012, № IV, 2012, pp. 112-117.

3. Transportnaya strategiya Rossijskoj Federacii na period do 2030goda. Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 22 noyabrya 2008 goda N 1734-r [Transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2030]

4. Gorshenin A.V. Trolleybus kak vid passazhirskogo transporta: k istorii vozniknoveniya i razvitiya [Trolleybus as a kind of passenger transport: to the history of origin and development]. *Molodoj uchenyj*, 2013, no. 5, pp. 580-582.

5. Rebrov S.A. Ustrojstvo i tekhnicheskaya ehkspluatatsiya trolleybusov [The device and technical operation of trolleybuses]. Moscow. Budivel'nik, 1972.

6. Safronov K.EH. Metody ehkonomicheskoy ocenki dostupnoj transportnoj infrastruktury [Methods of economic evaluation of accessible transport infrastructure]. *Vestnik ehkonomiki, prava i sotsiologii*, 2011, no. 2, pp. 70-74.

7. Wyman Oliver. MONDIAL DE L'AUTOMOBILE 2012 / Oliver Wyman. Bilan& d'ifis de l'industrie automobile al'horizon. 2020. 17 Septembre 2012. pp. 117-200.

8. Federalnaya sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Yelektronnyi resurs] [Federal Service of State Statistics] [Electronic resource] URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/year/year16.pdf (12.02.2018)

9. Muhametova M. Osnovnye tendencii v mirovoj avtomobil'noj promyshlennosti [Major trends in the global automotive industry]. *RISK*, 2012, no. IV-2012, pp. 189-195.

10. Trolleybusnye goroda Rossii [Yelektronnyi resurs] [Trolleybus cities in Russia] [Electronic resource] URL: [http://trollcity.narod.ru/\(27.12.2017\)](http://trollcity.narod.ru/(27.12.2017))

11. Gorodskoj elektrotransport [Yelektronnyi resurs] [Urban electric transport] [Electronic resource] URL: <http://transphoto.ru/> (12.02.2018)

12. Zakrytoe Akcionernoe Obshhestvo «Trolza» [Yelektronnyi resurs] [Closed Joint Stock Company "Trolza"] [Electronic resource] URL: <http://www.trolza.ru/> (12.02.2018)

13. Plotnikov A. N., Plotnikov D. A., Tyurina V. Yu., Slavnetskova L. V., Golubeva S. S., Glushkova Yu. O. Subprime Venture Investment of Knowledge-Consumptive Enterprises for the Purpose of Design and Commercialization of Hi-Tech Products. *International business management*, 2015, Vol. 9 (7), pp. 1644-1651.

14. Ponomaryov, A.A., Ieropol'skij B. K. Podvizhnoj sostav i sooruzheniya gorodskogo ehlektrotransporta [Rolling Stock and Urban Electric Transport Facilities]. Moscow. Transport, .1981. 274p.

15. Denisov A., Biniyazov A. Analytical background of the effect of level the oil in the crankcase on its service life and reliability of the engine. *Technology and Higher Education*, 2015, pp. 123-154.

16. Veklich V.F. Diagnostirovanie tekhnicheskogo sostoyaniya trolleybusov [Diagnosis of technical condition of trolleybuses]. Moscow, Transport, 1990. 295 p.

17. Bashirzade R.R., Glushkova Yu.O., Pahomova A.V. Rol' transportnoj infrastruktury v

logistike integracionnyh ob"edinenij [The role of transport infrastructure in the logistics of integration associations]. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie*, 2017, no. 6. pp. 50-54.

18. Mochalin S.M., Kasper M.E. Evaluating methods' application of complex systems' effectiveness in the automobile passenger transport theory. *Vestnik SibADI*, 2018, no. 15(1), pp. 60-69. (In Russ.) DOI:10.26518/2071-7296-2018-1-60-69

19. A.Kh. Tolebayeva, E.E. Vitvitskiy Sovershenstvovanie operativnogo planirovaniya perevozok sobstvennykh грузов predpriyatij melkimi otpravkami v gorodakh [Operational planning improvement of enterprises goods' carriage by small shipments in the cities]. *Vestnik SibADI*, 2018, no. 15(1), pp. 77-87. DOI:10.26518/2071-7296-2018-1-77-87

Поступила 11.04.2018, принята к публикации 25.06.2018.

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

Глушкова Ю.О. – кандидат экономических наук, доц. кафедры «Экономическая безопасность и управление инновациями», ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.» (410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, e-mail: Valomasova@mail.ru).

Пахомова А.В. – кандидат экономических наук, проф. кафедры «Экономическая безопасность и управление инновациями», ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.» (410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77).

Асоян А.Р. – доктор технических наук, проф. кафедры «Организация перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей», ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.» (410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Glushkova Yu. O. – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department "Economic Security and Innovation Management", Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin (410054 Russia, e-mail: Balomasova@mail.ru).

Pahomova A.V. – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Economic Security and Innovation Management Department, Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin.

Asoyan A. R. – Doctor of Economic Sciences, Professor of the Transport Organization, Traffic Safety and Car Service Department, Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin.

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Глушкова Ю.О. – Расчет себестоимости перевозок пассажиров; блок-схема алгоритма расчета приведенных затрат.

Пахомова А.В. – Введение, модель процесса сравнения эффективности эксплуатации троллейбуса с динамической подзарядкой и автобуса городского типа.

Асоян А.Р. – Графики динамики показателей пассажирского транспорта, характеристика транспортных средств, характеристика экологических данных по транспортным средствам.

AUTHOR CONTRIBUTION

Glushkova Yu.O. – Calculation of the cost of passengers' transportation; block scheme of the calculating algorithm for offered costs.

Pahomova A.V. – Introduction, model of the process of efficiency comparison in operation of trolley with dynamic recharging and city bus.

Asoyan A.R. – Graphs of the passenger transport indicators' dynamic, characteristics of environmental data on vehicles.

РАЗРАБОТКА РЕАЛИЗУЮЩЕГО АЛГОРИТМА МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ОСНАЩЁННЫХ СИСТЕМОЙ КУРСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ, НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ил.В. Денисов, И.А. Терентьев

*ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»,
г. Владимир, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Благодаря развитию микроэлектроники конструкция современных автотранспортных средств насыщается микропроцессорными системами управления. Оснащение транспортных машин системой курсовой устойчивости, принятое на законодательном уровне за рубежом и планируемое в Российской Федерации в ближайшие годы, требует адаптации нормативно-технической документации для проведения диагностирования, технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей. Это обусловлено отсутствием эффективной методики диагностирования автотранспортных средств с мехатронными системами управления в период эксплуатации. Следовательно, в настоящее время на предприятиях автомобильного сервиса не представляется возможным оценить изменение технического состояния рассматриваемых транспортных машин, а также осуществить контроль адекватности принимаемых управляющих решений.

Материалы и методы. Обосновано повышение эффективности процедуры диагностирования автотранспортных средств с системой курсовой устойчивости за счёт реализации трёхступенчатой системы, предложенной авторами статьи, по сравнению с двухступенчатой, реализуемой в настоящее время на предприятиях автомобильного сервиса.

Результаты. Разработан реализующий алгоритм методики диагностирования транспортных машин, оснащённых системой курсовой устойчивости, в эксплуатации, базирующийся на трёхступенчатой системе технического диагностирования.

Обсуждение и заключение. Применение реализующего алгоритма, предложенного авторами статьи, на предприятиях автомобильного сервиса позволит оценивать техническое состояние автомобилей с мехатронными системами управления на этапе эксплуатации, осуществлять контроль адекватности принимаемых управляющих решений, прогнозировать остаточный ресурс и давать рекомендации по необходимому режиму и объёму работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: автотранспортное средство, система курсовой устойчивости, оценка технического состояния, предприятие автомобильного сервиса, реализующий алгоритм, методика диагностирования, трёхступенчатая система диагностирования.

© Ил.В. Денисов, И.А. Терентьев, 2018



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DEVELOPMENT OF DIAGNOSTIC METHOD'S REALIZING ALGORITHM OF THE EQUIPPED WITH THE COURSE STABILITY SYSTEM VEHICLES AT OPERATION STAGE

II.V. Denisov, I.A. Terentyev

*Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov,
Vladimir, Russia*

ABSTRACT

Introduction. Thanks to the development of microelectronics the design of modern vehicles is saturated with microprocessor control systems. Equipping of transport machines by the course stability system, adopted at the legislative level abroad and planned in the Russian Federation in the nearest years, requires the adaptation of domestic normative-technical documentation for possibility of diagnostics, maintenance and current repair of automobiles. Such situation appeared due to the lack of effective method of diagnostics vehicles with mechatronic control systems during operation. Consequently, it is not possible at the automobile service enterprises to assess the changing in the technical condition of the transport machines at once, as well as to monitor the adequacy control of the governing decisions.

Materials and methods. The research proves the increase in efficiency of the vehicles' diagnostic procedure with course stability system due to the implementation of three-stage system, proposed by the authors of the article and compared to two-stage, which is currently being implemented at automobile service enterprises.

Results. As a result, realizing algorithm of the transport machines' diagnostic method, equipped with the course stability system and based on the three-stage system of technical diagnostics was developed and implemented.

Discussion and conclusions. Application of realizing algorithm at automobile service enterprises would assess the automobiles' technical condition with mechatronic control systems at operation stage and would help to monitor the governing decisions' adequacy, to predict residual resource and give recommendations on necessary mode and volume of maintenance and current repair.

KEYWORDS: vehicle, course stability system, assessment of technical condition, automobile service enterprise, realizing algorithm, diagnostic method, three-stage system of diagnostic.

© II.V. Denisov, I.A. Terentyev, 2018



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

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильная промышленность развивается посредством интегрирования в конструкцию транспортных машин (ТМ) микропроцессорных систем, которые осуществляют контроль и управляют работой двигателя внутреннего сгорания (ДВС), рулевого управления (РУ), тормозной системы (ТС), ходовой части (ХЧ) и др.

Существующая система технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) автомобилей требует адаптации под автотранспортные средства (АТС), оснащённые мехатронными системами управления, поскольку назначение и корректирование необходимых режимов и объёмов технических воздействий следует производить по результатам диагностирования. Необходимо отметить, что современные ТМ имеют развитую систему бортового самодиагностирования, но её возможности ограничены формированием диагностической информации вследствие различных неисправностей. Данная система не позволяет оценить изменение технического состояния элементов автомобилей, а также осуществить контроль адекватности принимаемых управляющих решений. Разработка эффективной методики диагностирования АТС с микропроцессорными системами управления является актуальной научной задачей, решение которой позволит использовать её в качестве инструмента при управлении техническим состоянием ТМ в эксплуатации.

Обязательное оснащение автомобилей системой курсовой устойчивости (СКУ), принятое на законодательном уровне за рубежом и планируемое в Российской Федерации в ближайшие годы, требует адаптации нормативно-технической документации по эксплуатации АТС, а именно ГОСТ 33997–2016, для проведения диагностирования, ТО и ТР рассматриваемых ТМ [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С учётом современного уровня развития науки в сфере технической эксплуатации АТС, на

предприятиях автомобильного сервиса (ПАС) контроль исправности ТМ с СКУ реализуется в две ступени. На первой осуществляется проверка сканером наличия кодов неисправностей (КН) *Diagnostic Trouble Codes (DTC)* в оперативной памяти (ОП) электронных блоков управления (ЭБУ) [2], а на второй – оценка качества принимаемых управляющих решений в процессе проведения дорожных испытаний, методы которых подробно описаны в ГОСТ 31507–2012. Существующая двухступенчатая система технического диагностирования (СТД) имеет ряд существенных недостатков, а именно: дорогостоящие и трудоёмкие дорожные испытания, а также зачастую отсутствие у ПАС полигона для их проведения. Таким образом, в большинстве случаев рассматриваемая система проверки технического состояния автомобилей, оснащённых СКУ, трансформируется из двухступенчатой в одноступенчатую и проводится исключительно с использованием сканера. Это нивелирует возможности ПАС по выявлению скрытых неисправностей СКУ и постановки точного диагноза. Кроме этого, возрастает вероятность появления ошибок первого и второго родов при диагностировании АТС.

В настоящей работе разработан реализующий алгоритм методики диагностирования ТМ с СКУ в период эксплуатации, ликвидирующий основную долю указанных выше недостатков и базирующийся на трёхступенчатой СТД (рисунок 1).

Проверка сканером наличия КН *DTC* в ОП ЭБУ (первая ступень) и проведение стендовых испытаний (вторая ступень) позволят с высокой степенью достоверности дать заключение о работоспособности СКУ. При этом дорожные испытания (третья ступень) будут назначены в случае безуспешных попыток поиска неисправностей на предыдущих ступенях либо для оценки качества выполненных технических воздействий. Работы третьей ступени рекомендуется проводить на базе предприятий, специализирующихся на сертификационных испытаниях автомобилей либо имеющих собственный полигон.

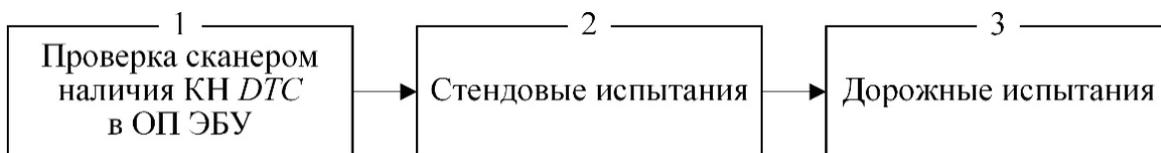


Рисунок 1 – Трёхступенчатая система технического диагностирования автотранспортных средств, оснащённых системой курсовой устойчивости, на этапе эксплуатации
Figure 1 – Three-stage system of vehicles' technical diagnostic, equipped with the course stability system at the operation stage
Источник: составлено авторами

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведение процедуры оценки технического состояния рассматриваемой системы осуществляется с использованием промышленно выпускаемых технических средств инструментального контроля по реализующему алгоритму методики диагностирования ТМ с СКУ в эксплуатации (рисунок 2).

В блоках алгоритма представлены все манипуляции, связанные с подключением и отключением аккумуляторной батареи (АКБ), включением и выключением зажигания, а также с запуском и остановкой ДВС.

При поступлении автомобиля на ПАС мастер-приёмщик опрашивает собственника о причинах обращения. ТМ устанавливается на пост диагностирования и к разъёму *On-Board Diagnostic-II (OBD-II)* подключается сканер (блок 2). Затем выполняется диагностирование шины данных (ШД) *Controller Area Network (CAN)* и всех ЭБУ (блок 4) [3]. Если неисправность обнаруживается (блок 5), то она выявляется и устраняется. Для этого проверяются все разъёмы (блок 6), провода линий *High* и *Low* (блок 9), а также согласующиеся резисторы и волновое сопротивление на всех участках ШД *CAN* (блок 12). Далее обследуются все ЭБУ (блок 15). Если обнаруживается неисправность ШД *CAN* либо ЭБУ, то процедура диагностирования АТС прерывается, а неисправность устраняется (блоки 8, 11, 14, 17), после чего процесс проводится повторно. При отсутствии неисправности корректируется скорость передачи информации по ШД *CAN* (блок 18).

Описанные выше диагностические операции (блоки 6, 9, 12, 15) позволяют контролировать исправность электрических цепей (ЭЦ) элементов, осуществляющих передачу информации непосредственно через ШД *CAN*. При этом для автомобилей возрастом более семи лет, оснащенных СКУ, диагностирование ЭЦ входных устройств предусматривается в отдельных блоках алгоритма ввиду транслирования информации непосредственно в ЭБУ.

Далее, согласно алгоритму, проводится процедура считывания КН *DTC*, имеющихся в ОП электронного блока управления антиблокировочной системой, конструктивно объединённого с электронным блоком управления системой курсовой устойчивости (далее – ЭБУ АБС-СКУ) (блок 20). В случае выявления КН *DTC* (блок 21) производится их расшифровка (блок 22).

При фиксации КН *DTC* одного из следующих входных устройств: датчика частоты вра-

щения колеса (ДЧВК) (блок 23), датчика угловой скорости кузова (ДУСК) (блок 38), датчика поперечного ускорения кузова (ДПоУК) (блок 38), датчика продольного ускорения кузова (ДПрУК) (блок 38), датчика угла поворота рулевого колеса (ДУПРК) (блок 47), датчика крутящего момента на рулевом колесе (ДКМРК) (блок 47) и выключателя стоп-сигнала (ВСС) (блок 48) – устанавливается и устраняется его причина в соответствии с блоками алгоритма. При этом ДЧВК состоит из наконечника датчика частоты вращения колеса (НДЧВК) и ротора датчика частоты вращения колеса (РДЧВК). На современных ТМ категории *M1* применяется блочная компоновка ДУСК, ДПоУК и ДПрУК, а последний датчик размещается исключительно на полноприводных АТС. ДКМРК оснащаются автомобили, имеющие рулевой механизм с электромеханическим усилителем рулевого колеса (РК).

При выявлении КН *DTC* датчика давления в главном цилиндре (ДДГЦ) (блок 51) устанавливается и устраняется его причина. Несоответствие развиваемого ТС давления и величины замедления ТМ может свидетельствовать не только о неисправности рассматриваемого датчика, но и о наличии воздуха в гидроприводе. В случае отсутствия нарушения герметичности (блок 55) проводится испытание для оценки степени достоверности преобразования давления в главном цилиндре (ГЦ) в сигнал, поступающий от ДДГЦ (блоки 57–61). Для этого сканером считывается сигнал, формируемый при воздействии на педаль тормоза (ПТ) с определённым ступенчато-нарастающим усилием, величина которого контролируется по педомеру роликового тормозного стенда (РТС) (блоки 57 и 59). Затем полученные значения заносятся в карту диагностирования (КД), производится расчёт и по его результатам строится графическая зависимость изменения давления в ГЦ от приложенного усилия к ПТ, после чего сравнивается с номограммой (блок 59).

Важнейшим узлом СКУ является актуатор, обеспечивающий регулирование давления тормозной жидкости в каждом тормозном цилиндре и представляющий собой мехатронное устройство, состоящее из ЭБУ АБС-СКУ и гидромодулятора.

В случае обнаружения КН *DTC* таких элементов актуатора, как электродвигатель насоса обратной подачи (ЭДНОП) (блок 62), реле насоса обратной подачи (РНОП) (блок 62), реле отключения насоса обратной подачи (РОНОП) (блок 62), обмотка катушки обрат-

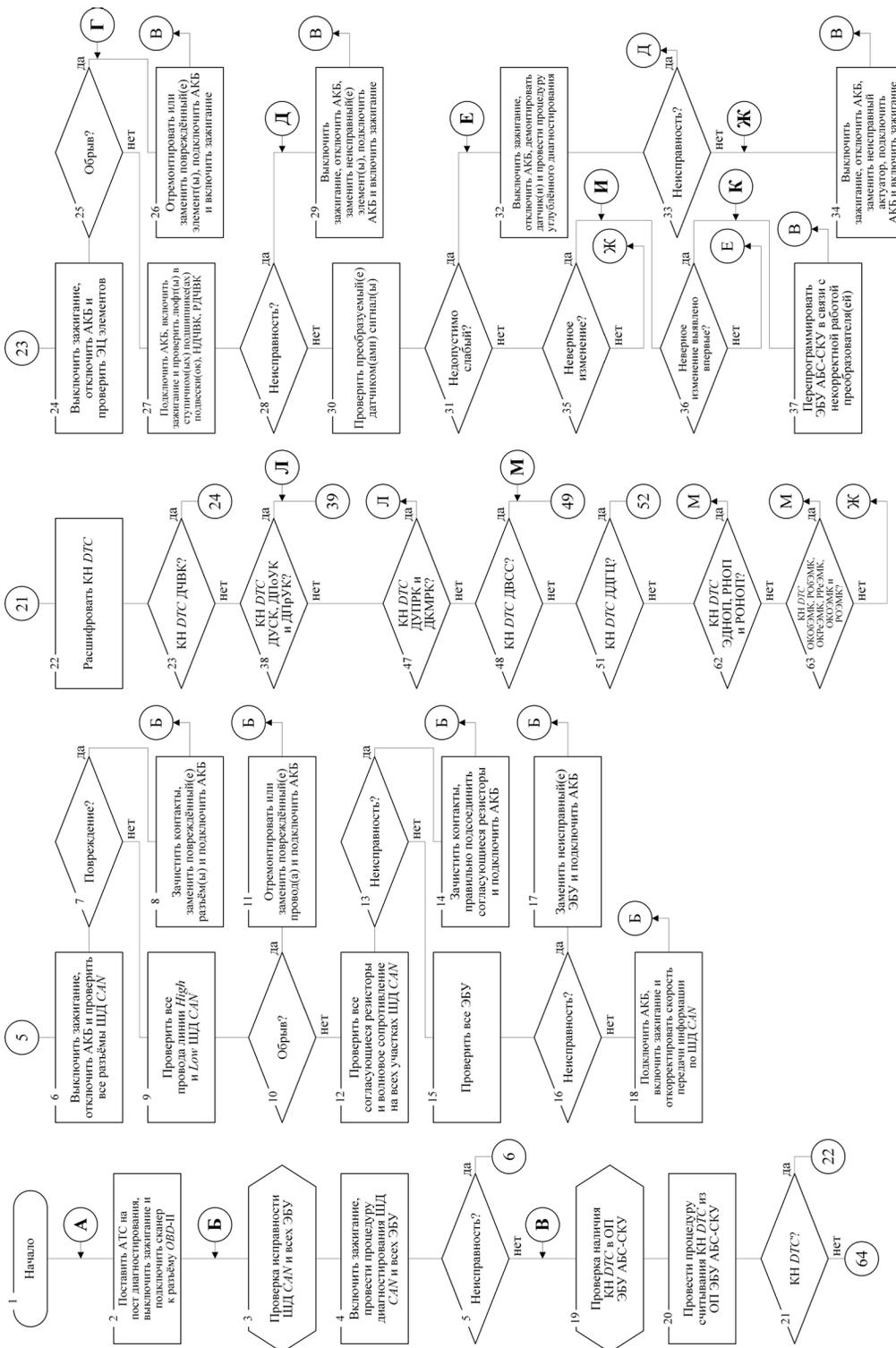


Рисунок 2 – Реализующий алгоритм методики диагностирования автотранспортных средств, оснащённых системой курсовой устойчивости, на этапе эксплуатации (начало)
Figure 2 – Realizing algorithm of the vehicles' diagnostic method, equipped with the course stability system at the operation stage (beginning)

ного электромагнитного клапана (ОКОБЭМК) (блок 63), реле обратного электромагнитного клапана (РОБЭМК) (блок 63), устанавливается и устраняется его причина в соответствии с блоками алгоритма [4].

При отсутствии вышеперечисленных КН DTC и наличии некорректных управляющих воздействий СКУ проводится проверка исправности входных устройств и наименее на-

исправности входных устройств и наименее на-

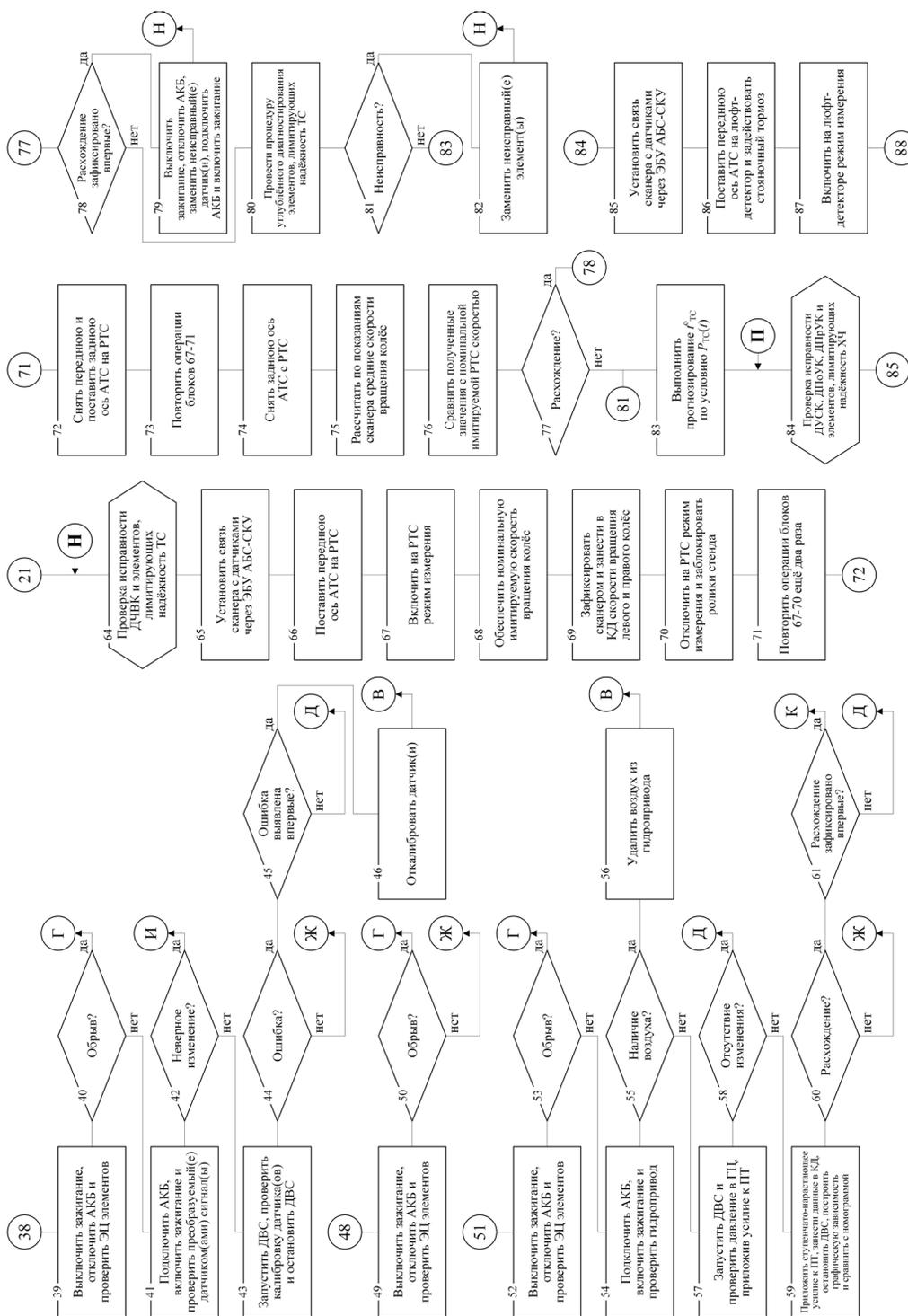


Рисунок 2 – Реализующий алгоритм методики диагностики автотранспортных средств, оснащённых системой курсовой устойчивости, на этапе эксплуатации (продолжение)
Figure 2 – Realizing algorithm of the vehicles' diagnostic method, equipped with the course stability system at the operation stage (continuation)

дёжных элементов рассматриваемой системы.

Прежде всего, согласно алгоритму, проверяется исправность ДЧВК и элементов, лимитирующих надёжность ТС (блоки 65–76 и 80). Для этого устанавливается связь сканера с датчиками через ЭБУ АБС-СКУ (блок 65), а затем передняя ось АТС устанавливается на РТС (блок 66). Данный стенд позволяет вра-

щать колёса выбранной оси с фиксированной скоростью, указанной в его паспорте. После чего на РТС включается режим измерения (блок 67) и обеспечивается номинальная имитируемая скорость вращения колёс (блок 68). Фиксируются значения, формируемые левым и правым ДЧВК, считываемые сканером в реальном времени, а затем заносятся в КД (блок 69). Далее на стенде отключается режим изме-

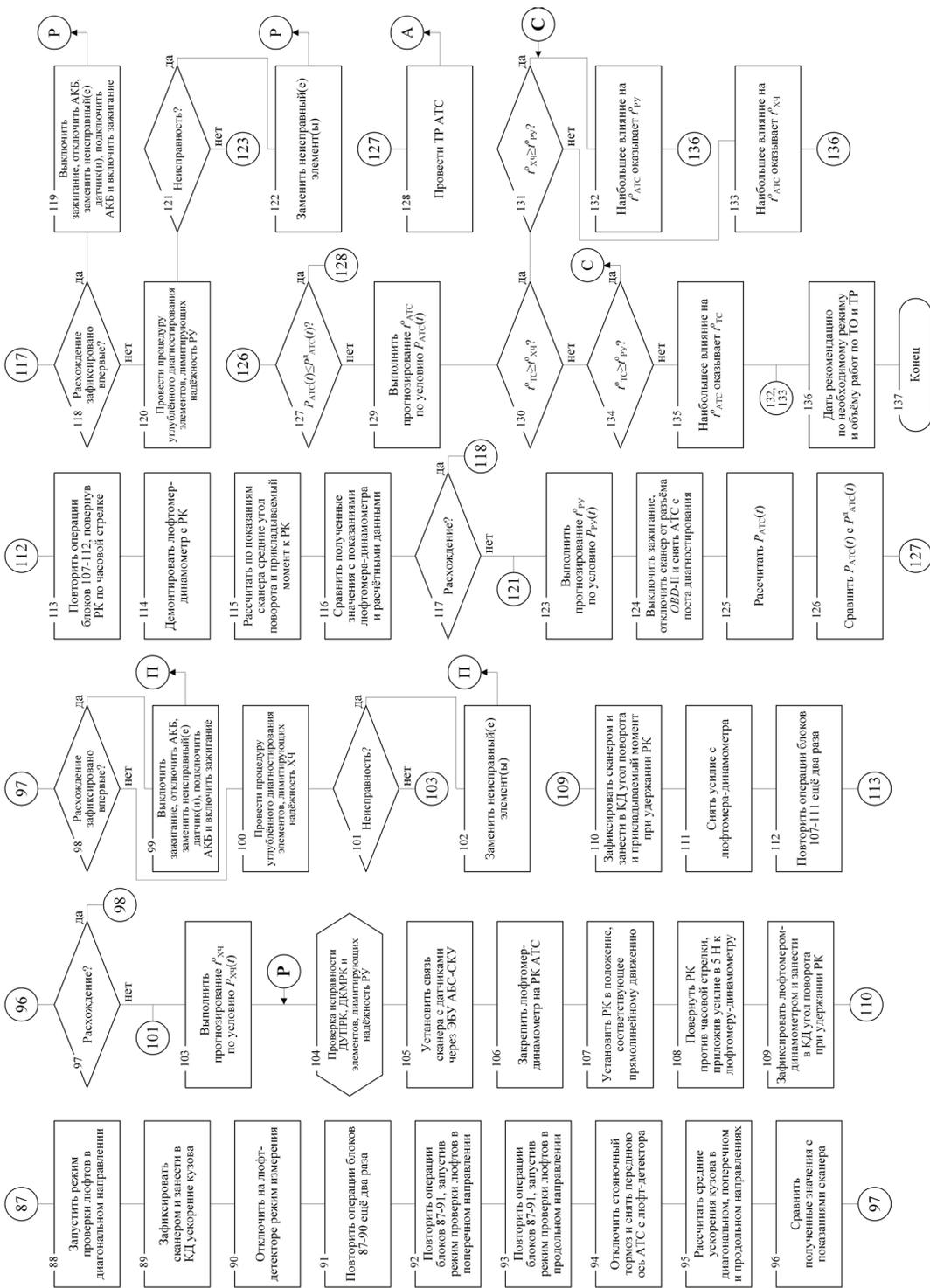


Рисунок 2 – Реализующий алгоритм методики диагностирования автотранспортных средств, оснащённых системой курсовой устойчивости, на этапе эксплуатации (окончание)
 Источник: составлено авторами
 Figure 2 – Realizing algorithm of the vehicles' diagnostic method, equipped with the course stability system at the operation stage (ending)

рения и блокируются его ролики (блок 70). Для обеспечения максимальной точности при последующем расчёте такая проверка повторяется ещё два раза (блок 71). Далее снимается передняя и устанавливается задняя ось автомобиля на РТС (блок 72), а после этого аналогично вышеописанному способу осуществляется проверка её ДЧВК (блок 73). Затем со стэнда снимается задняя ось ТМ (блок 74) и по

показаниям сканера рассчитываются средние скорости вращения колёс (блок 75). Такая проверка позволяет установить наличие электрического контакта рассматриваемых входных устройств с ЭБУ системы, а также оценить качество их работы путём сравнения полученных значений с номинальной имитируемой РТС скоростью (блок 76). В случае отсутствия расхождений (блок 77) либо проведения про-

цедуры углублённого диагностирования элементов, лимитирующих надёжность ТС (блок 80) и ненахождения неисправностей (блок 81), выполняется прогнозирование остаточного ресурса ТС t_{TC}^o по условию вероятности безотказной работы ТС $P_{TC}(t)$ (блок 83) [5].

Затем производится проверка исправности ДУСК, ДПоУК, ДПрУК и элементов, лимитирующих надёжность ХЧ (блоки 85-96 и 100). Её возможно провести в процессе стендовых или дорожных испытаний. Для ПАС предпочтительнее отдаётся стендовым испытаниям, однако необходимое технологическое оборудование для диагностирования технического состояния данных входных устройств отсутствует. Таким образом, предлагается осуществлять такие испытания при помощи люфт-детектора, создающего динамические ускорения кузова АТС при максимальном толкающем усилии на площадках стенда, указанном в его паспорте. Для осуществления проверки устанавливается связь сканера с датчиками через ЭБУ АБС-СКУ (блок 85), а затем передняя ось автомобиля устанавливается на люфт-детектор и задействуется стояночный тормоз (блок 86). После этого включается стенд в режиме измерения (блок 87) и запускается режим проверки люфтов в диагональном направлении (блок 88). Фиксируется значение, формируемое ДУСК, в реальном времени считываемое сканером, и заносится в КД (блок 89). Далее на люфт-детекторе отключается режим измерения (блок 90). Для обеспечения максимальной точности при последующем расчёте данная проверка повторяется ещё два раза (блок 91). Затем вышеописанный способ проверки осуществляется для ДПоУК, включая режим проверки люфтов в поперечном направлении (блок 92), а в завершении для ДПрУК, запуская режим проверки люфтов в продольном направлении (блок 93). После этого отключается стояночный тормоз, и передняя ось ТМ снимается со стенда (блок 94), а далее рассчитываются средние ускорения кузова в диагональном, поперечном и продольном направлениях (блок 95). Данная проверка позволяет установить наличие электрического контакта рассматриваемых входных устройств с ЭБУ системы, а также оценить качество их работы путём сравнения полученных значений с показаниями сканера (блок 96). Сложность данного способа заключается в расчёте максимальных ускорений, которые приобретает кузов во время функционирования люфт-детектора. Также требуется нормирование значений формируе-

мых сигналов с целью их использования при проведении процедуры диагностирования. Данная работа ведётся, а её результаты будут представлены в последующей публикации. Если после сравнения полученных значений с показаниями сканера расхождения не обнаруживаются (блок 97) либо проводится процедура углублённого диагностирования элементов, лимитирующих надёжность ХЧ (блок 100), и неисправности не выявляются (блок 101), выполняется прогнозирование остаточного ресурса ХЧ t_{XC}^o по условию вероятности безотказной работы ХЧ $P_{XC}(t)$ (блок 103) [6].

Далее производится проверка исправности ДУПРК, ДКМРК и элементов, лимитирующих надёжность РУ (блоки 105-116 и 120) [7]. Для этого устанавливается связь сканера с датчиками через ЭБУ АБС-СКУ (блок 105), а затем закрепляется люфтомер-динамометр на РК АТС (блок 106). Данный прибор даёт возможность фиксировать угол поворота РК при нормированном усилии, приложенном к РК автомобиля. После чего РК устанавливается в положение, соответствующее прямолинейному движению (блок 107) и поворачивается против часовой стрелки с прикладываемым усилием в 5 Н к люфтомеру-динамометру (блок 108). Значение угла поворота при удержании РК фиксируется прибором и заносится в КД (блок 109). Затем фиксируемые значения, формируемые ДУПРК и ДКМРК, в реальном времени считываемые сканером, заносятся в КД (блок 110) и снимается усилие с люфтомера-динамометра (блок 111). Для обеспечения максимальной точности при последующем расчёте данная проверка повторяется ещё два раза (блок 112). Аналогично вышеописанному способу продолжается проверка датчиков, поворачивая РК по часовой стрелке (блок 113). Далее прибор демонтируется с РК (блок 114) и по показаниям сканера рассчитывается средний угол поворота и прикладываемый момент к РК (блок 115). Данная проверка позволяет установить наличие электрического контакта данных входных устройств с ЭБУ системы, а также оценить качество их работы путём сравнения полученных значений с показаниями люфтомера-динамометра и расчётными данными (блок 116). При отсутствии расхождений (блок 117) либо проведении процедуры углублённого диагностирования элементов, лимитирующих надёжность РУ (блок 120) и ненахождении неисправностей (блок 121), выполняется прогнозирование остаточного ресурса РУ t_{PY}^o по условию вероятности безотказной работы $P_{PY}(t)$ (блок 123) [8].

После реализации всех вышеизложенных пунктов алгоритма проверка ТМ, оснащённого СКУ, считается завершённой. Сканер отключается от разъёма OBD-II, а затем АТС снимается с поста диагностирования (блок 124).

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение рассматриваемого реализующего алгоритма на ПАС позволит определить вероятность безотказной работы конкретного автомобиля $P_{АТС}(t)$ (блок 125) с учётом его наработки t и сравнить её с допустимой вероятностью безотказной работы ТМ $P_{АТС}^A(t)$, которая равна 0,95 (блок 126).

В случае $P_{АТС}(t) \leq P_{АТС}^A(t)$ (блок 127), проводится ТР АТС (блок 128), а при $P_{АТС}(t) > P_{АТС}^A(t)$ выполняется прогнозирование остаточного ресурса АТС $t_{АТС}^O$ по условию $P_{АТС}(t)$ (блок 129). Затем сравниваются $t_{ТС}^O$, $t_{ХЧ}^O$, $t_{РУ}^O$ (блоки 130, 131 и 134) и выявляется остаточный ресурс технической системы, оказывающий наибольшее влияние на $t_{АТС}^O$ (блоки 132, 133 и 135). В завершении даётся рекомендация по необходимому режиму и объёму работ по ТО и ТР (блок 136) [9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Денисов Ил.В., Терентьев И.А. Научные предпосылки разработки системы управления техническим состоянием автомобиля, оснащённого системой курсовой устойчивости // Научное обозрение. Технические науки. Саратов: ИД «Академия Естествознания», 2016. № 4. С. 13–36.

2. White Ch. Diagnostic fault. Code manual: management. Helsinki: Haynes Publishing Group, 1998. 221 p.

3. Гурский А.С. Савич Е.Л. Электронные системы управления автомобилем. Часть 3: Диагностирование электронных блоков управления автомобильных систем: лаб. работы (практикум) для студ. спец. «Техническая эксплуатация автомобилей» и «Автосервис». Минск: БНТУ, 2012. 63 с.

4. Денисов Ил.В., Терентьев И.А. Структурный анализ системы курсовой устойчивости автомобиля категории М1 // Научное обозрение. М.: ИД «Наука образования», 2017. № 1. С. 55–59.

5. Баженов Ю.В., Кунин М.Ф. Оценка работоспособности тормозной системы, оборудованной АБС [Электронный журнал] // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 4. 7 с. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/104-6769>. – (Дата обращения: 13.01.2018).

6. Денисов Ил.В., Денисов Ил.В. К вопросу обеспечения безотказности передней подвески автомобиля ВАЗ-21703 в период эксплуатации // Научное обозрение. М.: ИД «Наука образования», 2016. № 20. С. 84–88.

7. Васильев В.И., Емельянов В.В. Методы диагностирования автомобильного рулевого управления с электромеханическим усилителем // Приложение к журналу «Современные проблемы науки и образования». М.: ИД «Академия Естествознания», 2014. № 6. С. 5.

8. Баженов Ю.В., Денисов Ил.В. Оценка структурной надёжности рулевых управлений с гидро- и электроусилителями // Автотранспортное предприятие. М.: «НПП Транснавигация», 2010. № 11. С. 40–42.

9. Баженов Ю.В., Денисов Ил.В., Денисов Ил.В. Вероятностная модель предотказного состояния автомобиля // Бюллетень транспортной информации. Мытищи: ИП Давыдов Г.Е., 2010. № 9. С. 35–38.

REFERENCES

1. Denisov Il.V., Terent'ev I.A. Nauchnye predposylki razrabotki sistemy upravleniia tekhnicheskim sostoianiem avtomobilia, osnashchennogo sistemoi kursovoi ustoichivosti [Scientific prerequisites for the development of control system for the technical condition of automobile equipped with a course stability system]. Nauchnoe obozrenie. Tekhnicheskie nauki, 2016, no. 4, pp. 13-36.

2. White Ch. Diagnostic fault. Code manual: management. Helsinki, Haynes Publishing Group, 1998, 221 p.

3. Gurskii A.S. Savich E.L. Elektronnyye sistemy upravleniia avtomobilem. Chast' 3: Diagnostirovanie elektronnykh blokov upravleniia avtomobil'nykh sistem: lab. raboty (praktikum) dlia stud. spets. «Tekhnicheskaiia ekspluatatsiia avtomobilei» i «Avtoservis» [Electronic automobile control systems. Part 3: Diagnostics of electronic control units for automobile systems: lab. work (workshop) for students of specialties «Technical operation of automobiles» and «Automobile service»]. Minsk, BNTU, 2012, 63 p.

4. Denisov Il.V., Terent'ev I.A. Strukturnyi analiz sistemy kursovoi ustoichivosti avtomobilia kategorii M1 [Structural analysis of the course stability system automobile category M1]. Nauchnoe

obozrenie, Moscow, 2017, no. 1, pp. 55-59.

5. Bazhenov Iu.V., Kunin M.F. Otsenka rabotosposobnosti tormoznoi sistemy, oborudovannoi ABS [Assessment of the performance of the brake system equipped with anti-lock braking system]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia*, 2012, no. 4, available at: <http://www.science-education.ru/104-6769> (date of application: 13.01.2018).

6. Denisov Iv.V., Denisov II.V. K voprosu obespecheniia bezotkaznosti perednei podveski avtomobilia VAZ-21703 v period ekspluatatsii [On the issue of ensuring the reliability of the front suspension of VAZ-21703 automobile during operation]. *Nauchnoe obozrenie*, Moscow, 2016, no. 20, pp. 84-88.

7. Vasil'ev V.I., Emel'ianov V.V. Metody diagnostirovaniia avtomobil'nogo rulevogo upravleniia s elektromekhanicheskim usilitelem [Methods for diagnostics of automobile steering control with an electromechanical amplifier]. *Prilozhenie k zhurnalu «Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia»*, Moscow, 2014, no. 6, pp. 5.

8. Bazhenov Iu.V., Denisov Iv.V. Otsenka strukturnoi nadezhnosti rulevykh upravlenii s gidro- i elektrousiliteliami [Evaluation of structural reliability of steering controls with the hydro- and electric amplifiers]. *Avtotransportnoe predpriiatie*, Moscow, 2010, no. 11, pp. 40-42.

9. Bazhenov Iu.V., Denisov Iv.V., Denisov II.V. Veroiatnostnaia model' predotkaznogo sostoiianiia avtomobilia [Probabilistic model of pre-failure state of the automobile]. *Biulleten' transportnoi informatsii*, Mytishchi, 2010, no. 9, pp. 35-38.

Поступила 06.02.2018, принята к публикации 25.06.2018.

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

Денисов Илья Владимирович – канд. техн. наук, доц., кафедра «Автомобильный транспорт», Институт машиностроения и автомобильного транспорта, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (Россия,

600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, e-mail: denisoviv@mail.ru).

Терентьев Илья Александрович – аспирант очной формы обучения, кафедра «Автомобильный транспорт», Институт машиностроения и автомобильного транспорта, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (Россия, 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, e-mail: ilia7777777@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Denisov Ilya Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Department of Automobile Transport, Institute of Mechanical Engineering and Automobile Transport, Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov (Russia, 600000, Vladimir, 87, Gorky St., e-mail: denisoviv@mail.ru).

Terentyev Ilya Alexandrovich – Postgraduate student, Department of Automobile Transport, Institute of Mechanical Engineering and Automobile Transport, Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov (Russia, 600000, Vladimir, 87, Gorky St., e-mail: ilia7777777@mail.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Денисов Ил.В. Вклад в общую работу составил 50%, что является ½ доли при разработке следующих разделов научной статьи: аннотации, введения, материалов и методов, результатов, обсуждения и заключения.

Терентьев И.А. Вклад в общую работу составил 50%, что является ½ доли при разработке следующих разделов научной статьи: аннотации, введения, материалов и методов, результатов, обсуждения и заключения.

AUTHOR CONTRIBUTION

Denisov II.V. Contribution to the overall work was 50%, which is ½ share in the development of the following sections of the scientific article: annotation, introduction, materials and methods, results, discussions and conclusions.

Terentyev I.A. Contribution to the overall work was 50%, which is ½ share in the development of the following sections of the scientific article: annotation, introduction, materials and methods, results, discussions and conclusions.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТОРМОЗА-ЗАМЕДЛИТЕЛЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

И.С. Ковалёв

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
Научно-технический центр ПАО «КАМАЗ»,
г. Набережные Челны, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В данной статье представлена математическая модель гидравлического тормоза-замедлителя грузового автомобиля. Модель тормоза-замедлителя разработана на основе математической модели стендового гидротормоза, которая описывает гидродинамические процессы в проточной области гидротормоза, в том числе и процессы её заполнения и опустошения.

Материалы и методы. Модель тормоза-замедлителя была разработана с учётом возможности её последующей интеграции с моделью системы охлаждения двигателя. Для этого в модель было добавлено уравнение состояния, характеризующее изменение температуры жидкости в проточной области при преобразовании механической энергии ротора в тепловую и переносе тепла с потоком жидкости по контуру системы охлаждения. Из-за отсутствия ограничения на заполнение проточной области в модели гидротормоза в математическую модель тормоза-замедлителя добавлен эффект сжатия жидкости при полном заполнении, который препятствует дальнейшему наполнению проточной области.

Результаты. Компьютерная модель тормоза-замедлителя реализована на языке программирования C для применения в среде имитационного моделирования LMSAmesim. Для проверки работоспособности модели тормоза-замедлителя она была интегрирована с компьютерными моделями двигателя, системы охлаждения двигателя и динамики движения автомобиля. Синтезирован алгоритм управления тормозом-замедлителем на базе ПИ-регуляторов.

Обсуждение. Компьютерная модель тормоза-замедлителя корректно функционирует: при длительном торможении наблюдается повышение температуры жидкости в контуре системы охлаждения. Переполнения проточной области тормоза-замедлителя не происходит благодаря добавленному эффекту увеличения давления жидкости от сжатия.

Заключение. Разработанная модель может быть использована для исследования влияния конструкции тормоза-замедлителя на функционирование автомобиля и для разработки алгоритмов управления тормозом-замедлителем.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гидравлический тормоз-замедлитель, математическая модель, грузовые автомобили, управление торможением, система охлаждения, терморегулирование, компьютерное моделирование, Amesim.

© И.С. Ковалёв, 2018



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION OF THE COMMERTIAL VEHICLE'S HYDRAULIC RETARDER

I.S. Kovalev

Kazan (Volga) Federal University, R&D KAMAZ Centre,
Naberezhnye Chelny, Russia

ABSTRACT

Introduction. The article represents the mathematical model of commercial vehicle's hydraulic retarder. The model is based on the mathematical model of the variable filling hydraulic dynamometer.

Materials and methods. The retarder model was designed with the possibility of its integration with the mathematical model of the engine cooling system. For this purpose, the state function of fluid temperature in a working chamber of the retarder was added to the retarder model. Consequently, fluid compression in the working chamber was included into the model to avoid unlimited filling because of possible high pressure at the retarder inlet.

Results. The simulation model of the retarder was established as LMS Amesim submodel using C-programming language. For testing, the retarder simulation model was integrated with the Amesim models of the engine cooling system and with the powertrain and vehicle movement dynamics. In addition, brake torque regulation was synthesized on PI controllers.

Discussion and conclusions. During simulation of the vehicle movement on the mountain route expectable results were obtain, such as continuous braking via the retarder, which led to increasing of the cooling system's fluid temperature. Therefore, overfilling of the retarder working chamber didn't occur through the fluid compression. The retarder model could be applied to determine retarder design influence at vehicle functioning. For instance, it could be used for development of the algorithms' control.

KEYWORDS: hydraulic retarder, mathematical model, commercial vehicle, braking control, cooling system, thermal management, computer simulation, Amesim.

© I.S. Kovalev, 2018



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

ВВЕДЕНИЕ

Традиционно в автомобилестроении применяются фрикционные тормозные механизмы, которые используют трение между двумя поверхностями для замедления вращения колёс. Распространение фрикционного тормоза обусловлено простотой его конструкции и высоким реализуемым тормозным усилием. Однако использование тормоза такого типа сопровождается выделением тепла, шума и его постепенной деградацией из-за износа трущихся частей механизма [1]. Нагревание и износ фрикционных механизмов приводит к ухудшению эксплуатационных свойств тормозной системы, что увеличивает риск возникновения опасных дорожных ситуаций.

Для грузовых автомобилей проблема износа тормозов стоит наиболее остро. Это связано как с большей нагрузкой на тормозные механизмы из-за большой массы автомобиля, так и с особенностями маршрута, который может содержать участки с длительными спусками. Поэтому в грузовых автомобилях и автобусах для частого или длительного торможения применяются дополнительные износостойкие тормозные системы, ухудшение эксплуатационных характеристик которых при длительном использовании незначительно.

В качестве износостойкой тормозной системы широкое распространение получило использование тормоза-замедлителя. По принципу действия существуют две основные разновидности тормоза-замедлителя: гидравлический и электромагнитный. У обоих видов тормозное усилие возникает в роторе, присоединённом к элементам автомобильной трансмиссии, и ограничено скоростью его вращения. Из-за этого тормоз-замедлитель не может быть использован для полной остановки транспортного средства и служит лишь в качестве вспомогательной тормозной системы. В грузовых автомобилях обычно применяются гидравлические тормоза-замедлители, так как электромагнитные проигрывают им в соотношении тормозного момента на единицу массы и требуют больших затрат электроэнергии для торможения по сравнению с гидравлическими [2].

При разработке конструкции замедлителя распространённой практикой является использование математических моделей. Моделированию гидравлического тормоза-замедлителя посвящено множество работ, в ко-

торых модели используются для различных целей: исследования гидро- и термодинамических процессов в проточной области замедлителя и их влияние на процесс торможения [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11] разработки систем управления [12, 13] сравнения различных вариантов конструкции тормоза-замедлителя [14], моделирования процесса торможения транспортного средства¹.

В большей части работ при исследовании применены методы вычислительной гидродинамики, которые позволяют достаточно точно моделировать поведение жидкости в проточной области, но проведение каждого численного эксперимента требует значительных затрат процессорного времени. Такой подход хорош для определения характеристик тормоза-замедлителя с известной конструкцией до проведения испытаний, но ограничен в применении к задачам управления торможением и проектирования автомобиля.

В работах, связанных с алгоритмами управления и моделированием тормозной динамики автомобиля, для математического описания тормозного момента, создаваемого тормозом-замедлителем, преимущественно используется формула подобия $M = \alpha \lambda \rho n^2 D^5$, в которой α – степень заполнения проточной части жидкостью, λ – коэффициент эффективности, определяемый на основе эксперимента, ρ – плотность рабочей жидкости, n – количество оборотов ротора за минуту, D – активный диаметр. Степень заполнения проточной области в таких моделях является управляемой переменной, значение которой определяет реализуемый тормозной момент.

Такое математическое описание удобно в случае, если тормоз-замедлитель обладает отдельным контуром рабочей жидкости. Но оно не подходит, когда в проточную часть тормоза-замедлителя напрямую подаётся жидкость из контура системы охлаждения автомобиля. В таком случае динамика торможения будет зависеть не только от частоты вращения ротора, но и от характера течения жидкости через контур системы охлаждения. Помимо этого при торможении тормоз-замедлитель начинает вести себя как насос, что сказывается на функционировании системы охлаждения. В этом случае от модели требуется не только вычисление тормозного момента, но и динамики изменения степени заполнения проточной области.

¹ The simulation and analysis on engine and hydraulic retarder continual braking performance of the tracked vehicle on long downhill / B. Song [и др.] // ICEMI 2009 – Proceedings of 9th International Conference on Electronic Measurement and Instruments. 2009. С. 3928-3931.

Математическая модель, учитывающая гидродинамические эффекты в проточной области, предложена в цикле работ [15, 16, 17]. Эта модель предназначена для математического описания гидротормоза, используемого для стендовых испытаний двигателей. Преимуществом этой модели гидротормоза является использование геометрических параметров проточной области в качестве входных, что позволяет отследить влияние конструкции на тормозные свойства гидротормоза. Несмотря на разное назначение, гидравлический тормоз-замедлитель и гидротормоз имеют одинаковый принцип работы и схожую конструкцию. Поэтому для исследования обоих устройств может применяться одна и та же математическая модель.

Но модель гидротормоза не может быть полноценно применена для исследования совместной работы тормоза-замедлителя и системы охлаждения двигателя с общим жидкостным контуром, так как она в ней не учитываются тепловые процессы, происходящие с рабочей жидкостью. Второй причиной, затрудняющей применение модели, является отсутствие каких-либо ограничений на наполнение проточной области, что в некоторых ситуациях может приводить к её степени заполнения более 100% и, как следствие, к неадекватным результатам расчёта.

Решению указанных проблем посвящена данная статья. Целью работы является создание модели тормоза-замедлителя, пригодной для одновременного моделирования с жидкостным контуром системы охлаждения.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Структура математической модели гидротормоза. В качестве основы для создания математической модели тормоза-замедлителя взята модель гидротормоза из работ [15, 16, 17]. Математическая модель гидротормоза построена на основе уравнений, описывающих круговое движение жидкости в сечении проточной области параллельной лопаткам ротора и статора (рисунок 1). Ось вращения жидкости расположена на границе между ротором и статором и удалена от оси вращения ротора на расстояние R_M , которое принято постоянным и соответствует оси вращения жидкости при полном наполнении проточной области. Между жидкостью и воздухом в модели обозначена чёткая граница, определяемая радиусами R_{CO} и R_{CI} , которые зависят от степени заполнения. Центр воздушной области R_V в общем случае не лежит на оси вращения жидкости.

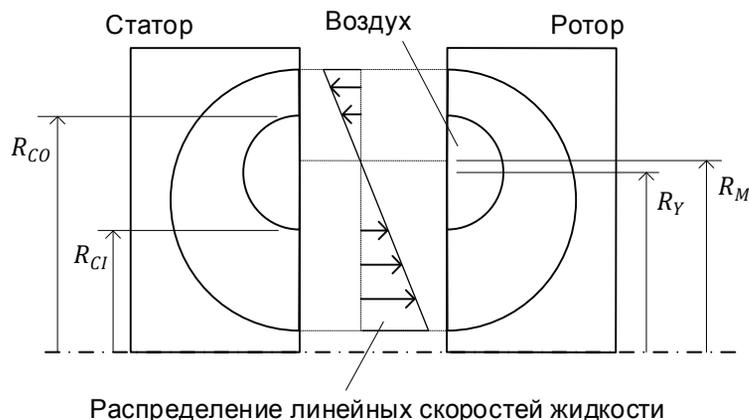


Рисунок 1 – Циркуляция жидкости между ротором и статором

Figure 1 – Fluid circulation between rotor and stator

Источник: составлено автором

Входными переменными модели являются угловая скорость ротора ω_p , объёмные расходы жидкости Q_{in} и Q_{out} через впускные и выпускные отверстия соответственно. Выходными – тормозной крутящий момент T , давления на входе p_{in} и на выходе p_{out} .

Для вычисления угловой скорости жидкости ω использованы уравнения мощностного баланса между механической мощностью и гидравлическими потерями, которые приводят к следующей формуле [15]:

$$\omega^3(K_{I3} + K_{I6} + K_F + K_{CS}) + \omega^2\omega_p(K_{I2} + K_{I5} - K_2) + \omega\omega_p^2(K_{I1} + K_{I4} - K_1) - K_3\omega_p^2 - K_4\omega\omega_p - K_5\dot{\omega}_p\omega_p - K_6\dot{\omega}\omega_p = 0, \quad (1)$$

где K_1 – коэффициенты механической мощности, K_{II} – коэффициенты ударных потерь, K_{CS} – коэффициент потерь на вторичную циркуляцию, K_F – коэффициент потерь на трение. Зная значения угловой скорости жидкости и её производной, можно вычислить тормозной момент τ , создаваемый гидротормозом:

$$\tau = K_1 \omega \omega_p + K_2 \omega^2 + K_3 \omega_p + K_4 \omega + K_5 \dot{\omega}_p + K_6 \dot{\omega}.$$

Давление p в модели гидротормоза зависит от центробежной силы, возникающей из-за одно-временного вращательного движения жидкости и ротора. Модель позволяет вычислять давление для любой точки с полярными координатами (r, θ) , заданными относительно центра вращения жидкости. Давление p в точке (r, θ) определяется формулой [15]:

$$p(r, \theta) = \rho \left[(\omega^2 + 2\omega_p \omega C_{WV}) \frac{1}{2} r^2 + (\dot{\omega}_p C_{WR} + \omega_p^2 C_{WWR}) \times \right. \\ \left. \times \left\{ \frac{(r - R_M \cos \theta)}{2} (r^2 + R_M^2 - 2R_M r \cos \theta)^{1/2} - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{(\cos^2 \theta - 1)}{2} R_M^2 \operatorname{ch}^{-1} \frac{r - R_M \cos \theta}{R_M (\cos^2 \theta - 1)^{1/2}} \right\} \right] + C, \quad (2)$$

где ρ – плотность жидкости, C_{WV} , C_{WR} и C_{WWR} – коэффициенты, зависящие от координат выбранной точки и геометрических параметров проточной области, C – постоянная интегрирования, которая находится из уравнения (2) для точки на границе между жидкостью и воздухом, значение давления в которой равно атмосферному.

Формула (2) используется для определения давления во впускных и выпускных отверстиях проточной области. Далее полученные значения давления применяются для вычисления расхода жидкости через каналы жидкостного контура, к которому присоединён гидротормоз. При известных расходах жидкости через проточную область вычисляется производная степени заполнения

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{(Q_{in} - Q_{out})}{V}, \quad (3)$$

где V – объём межлопаточного пространства проточной области.

Математическая модель тормоза-замедлителя. Моделирование преобразования механической энергии вращения ротора в тепловую и переноса тепловой энергии жидкостью осуществлялось на основе первого закона термодинамики. Жидкость в проточной области тормоза-замедлителя рассматривается как открытая термодинамическая система. В качестве дополнительной переменной состояния была введена температура T . Суммарная мощность потерь механической энергии, т.е. тормозная мощность, равная произведению крутящего момента τ и угловой скорости ротора ω_p , переходит в жидкость в виде тепла. Перенос тепловой энергии жидкостью между проточной областью тормоза-замедлителя и остальной частью жидкостного контура моделируется как потоки энтальпии H_{in} и H_{out} . В результате было получено следующее уравнение теплового баланса [18]:

$$m c_p \frac{dT}{dt} = \tau \omega_p + H_{in} - H_{out} - h \frac{(Q_{in} - Q_{out})}{\rho}, \quad (4)$$

где c_p – удельная теплоёмкость, h – удельная энтальпия. Уравнение (4) совместно с уравнением (2)+ позволяет связать математическую модель проточной области тормоза-замедлителя с моделью остальной части жидкостного контура системы охлаждения.

Наличие значение температуры в модели позволяет учесть эффект теплового расширения жидкости после дополнения уравнения (3):

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{(Q_{in} - Q_{out})}{V} + \alpha \frac{dT}{dt}, \quad (5)$$

где α – коэффициентобъёмного теплового расширения.

Для решения проблемы с переполнением проточной области в уравнение (2) было принято

допущение, что при жидкость становится сжимаемой (в модели гидротормоза жидкость является несжимаемой). Тогда в соответствии с определением объёмного модуля упругости β определяется значение дополнительного давления от сжатия Δp_c :

$$\beta = -V \frac{dp}{dV} \Rightarrow \Delta p_c = -\beta \frac{\Delta V}{V} = -\beta \frac{V - \phi \cdot V}{V} = \beta(\phi - 1). \quad (6)$$

Таким образом, при переполнении проточной области будет происходить увеличение давления, препятствующее дальнейшему притоку жидкости и способствующее его оттоку из проточной области.

Уравнение (6) задаёт мягкое ограничение для степени наполнения проточной области, которое не порождает дополнительной нелинейности модели и позволяет продолжать вычисления, если степень заполнения превысит единицу из-за особенностей модели жидкостного контура или из-за проблем компьютерного моделирования динамических систем (например, резкие переходные процессы при стабилизации модели в начальный момент времени).

В итоге из уравнений (1), (4) и (5), соответственно, получена замкнутая система нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка, которая имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \omega^3(K_{I3} + K_{I6} + K_F + K_{CS}) + \omega^2\omega_p(K_{I2} + K_{I5} - K_2) + \omega\omega_p^2(K_{I1} + K_{I4} - K_1) - K_3\omega_p^2 - \\ - K_4\omega\omega_p - K_5 \frac{d\omega_p}{dt} \omega_p - K_6 \frac{d\omega}{dt} \omega_p = 0, \\ mc_p \frac{dT}{dt} = \tau\omega_p + H_{in} - H_{out} - h \frac{(Q_{in} - Q_{out})}{\rho}, \\ \frac{d\phi}{dt} = \frac{(Q_{in} - Q_{out})}{V} + \alpha \frac{dT}{dt}. \end{cases} \quad (7)$$

Для системы (7) переменные являются входными, неизвестные: температура жидкости T , степень заполнения и угловая скорость жидкости ω . Система (7) решается относительно неизвестных производных как система линейных алгебраических уравнений. После задания значений неизвестных в начальный момент времени будет получена задача Коши, которая может быть решена обычными численными методами, например методом Рунге-Кутты или схемой предиктор-корректор.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Математическая модель была реализована на языке программирования C для применения её в среде имитационного моделирования LMSAmesim. Для проверки работоспособности и адекватности поведения разработанной модели тормоза-замедлителя была использована компьютерная модель системы охлаждения дизельного двигателя². Компьютерные модели тормоза-замедлителя и системы охлаждения объединены в одну модель, в которую были добавлены модели трансмиссии, движения автомобиля и водителя, взятые из библиотеки моделей среды LMSAmesim. Итоговая модель представлена на рисунке 2.

В качестве тестового сценария использовалось движение автомобиля с массой 44 т с поддержкой постоянной скорости 60 км/ч. На пути у автомобиля два спуска с уклоном 5 и 10% длиной 1 км (рисунок 3). Тормоз-замедлитель соединён с выходным валом коробки передач. Для оценки влияния работы тормоза-замедлителя на температуру охлаждающей жидкости было отключено терморегулирование системы охлаждения: вентилятор постоянно включен, термостат зафиксирован в одном положении.

² Ковалёв И.С. Математическое и компьютерное моделирование системы охлаждения дизельного двигателя грузового автомобиля / И.С. Ковалёв // Материалы VIII Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2017» (МНТК «ИМТОМ-2017»). Казань, 2017. Т. 2. С. 188–191. URL: https://kpfu.ru/staff_files/F_1503660416/Dlya_diska_Materials_2017_part_2.pdf (дата обращения: 09.02.2018)

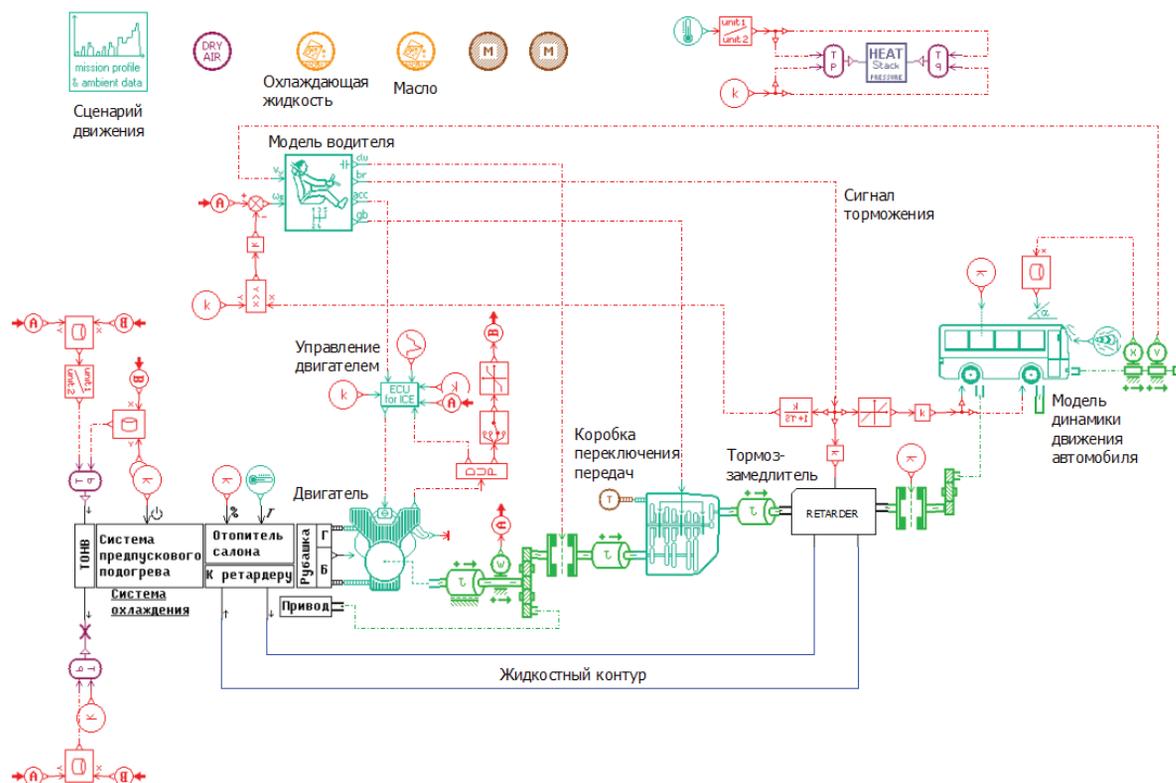


Рисунок 2 – Тестовая компьютерная модель в среде LMS Amesim

Figure 2 – LMS AMESim test simulation model

Источник: составлено автором

Для реализации торможения автомобиля тормозом-замедлителем в компьютерной модели был синтезирован регулятор на основе двух ПИ-регуляторов, один из которых управляет впускным клапаном, второй – выходным. Регулятор представлен на рисунке 4. Ошибкой рассогласования для регулятора является разница между требуемым тормозным моментом и фактическим. Максимальный тормозной момент задан таблицей зависимости от угловой скорости. Далее он умножается на значение сигнала торможения, идущего от модели водителя. Одновременно активен только один ПИ-регулятор. Значение управляющего сигнала варьируется от 0 до 1. Для регулятора выпускного клапана значение единицы означает полное открытие клапана, для впускного – закрытие. Переключение активного регулятора происходит, когда значение на выходе активного ПИ-регулятора достигает единицы, т.е. когда он не может продолжать регулирование. Для клапанов задано ограничение на закрытие для предотвращения неограниченного увеличения температуры жидкости в проточной области из-за её застоя.

На рисунке 5 представлены графики зависимостей реализованного тормозного момента замедлителем, степени заполнения проточной области и температуры охлаждающей жидкости на входе в двигатель. На участках времени, соответствующих спускам, происходит торможение, о чём свидетельствует высокое значение тормозной мощности и степени заполнения проточной области тормоза замедлителя. Значение степени заполнения проточной области не превышает 100,01%, которое соответствует увеличению давления на 80 кПа. Добавочное давление успешно компенсирует давление в контуре системы охлаждения и останавливает дальнейшее заполнение проточной области. На спусках наблюдается значительное повышение температуры охлаждающей жидкости из-за преобразования механической энергии вращения ротора в тепловую.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе математической модели стенового гидротормоза разработана математическая модель тормоза-замедлителя, кото-

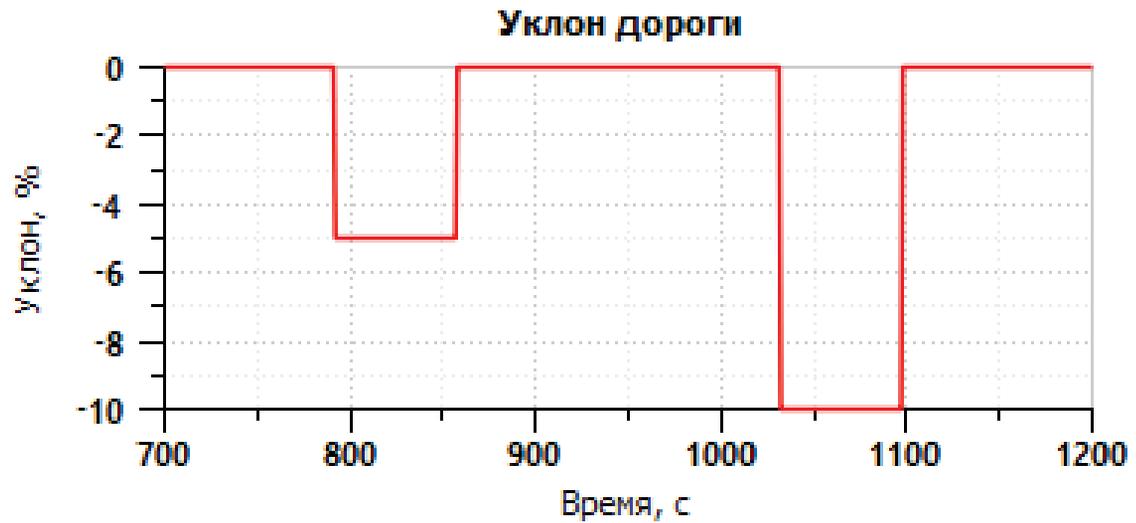


Рисунок 3 – График зависимости уклона от времени

Figure 3 – Roadslope diagram during simulation

Источник: составлено автором

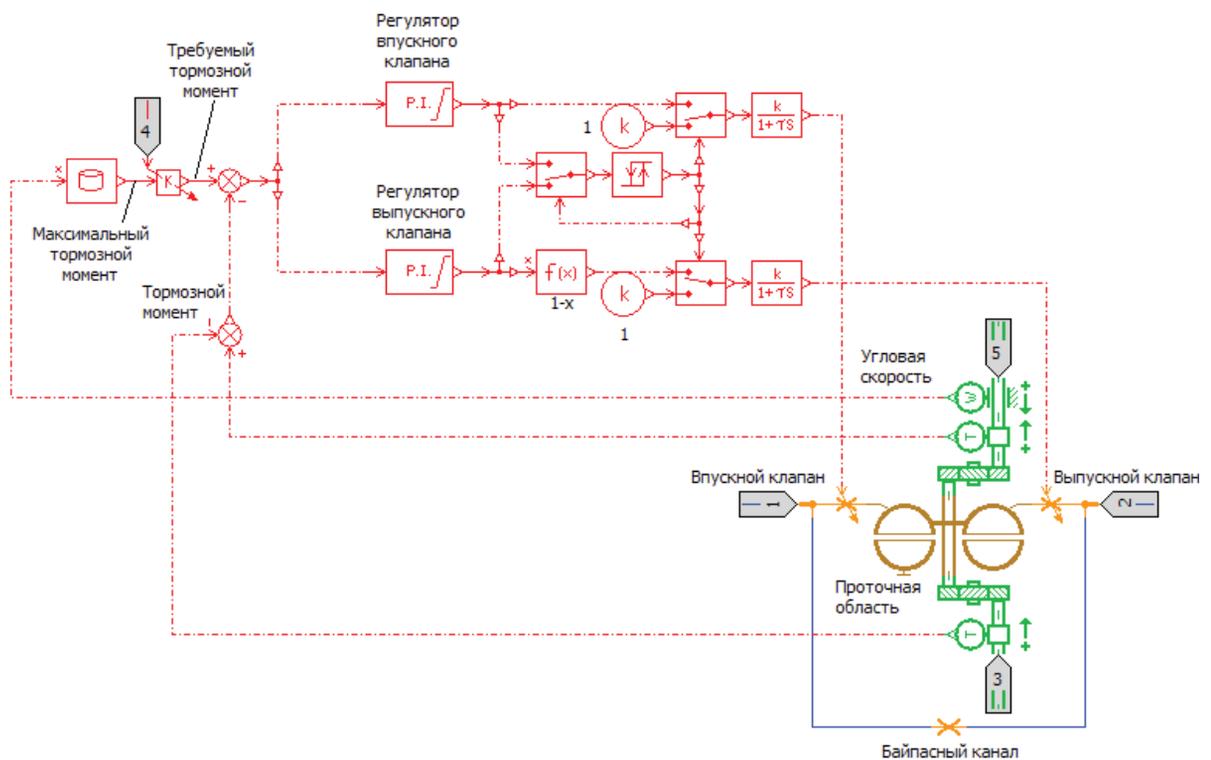


Рисунок 4 – Компьютерная модель тормоза-замедлителя и алгоритма управления торможением

Figure 4 – Computer model of the retarder and braking torque controller

Источник: составлено автором

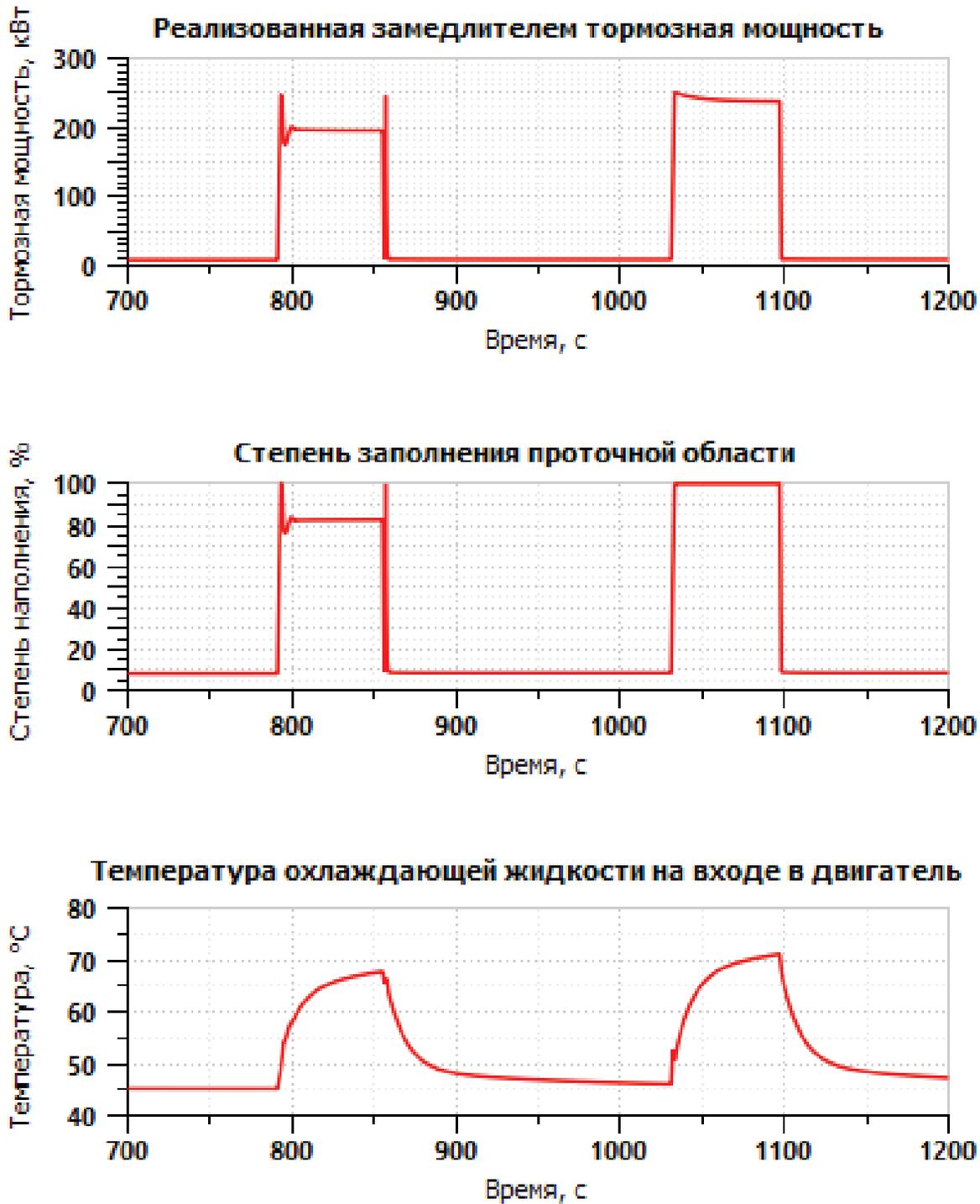


Рисунок 5 – Графики зависимости тормозной мощности, степени заполнения проточной области замедлителя и температуры охлаждающей жидкости на входе в двигатель от времени

Figure 5 – Dependence diagrams of braking power, filling ratio of the working chamber and engine inlet temperature during simulation

Источник: составлено автором

рая описывает помимо гидродинамических и тепловые процессы в проточной области замедлителя. Разработанная модель может быть использована для исследования влияния процесса торможения замедлителем на поведение жидкости в контуре, к которому присоединён тормоз-замедлитель, в частности, к контуру системы охлаждения двигателя. Помимо этого модель применима для синтеза и отладки алгоритмов управления тормозом-замедлителем.

Компьютерная реализация модели корректно работает в составе компьютерной модели системы охлаждения двигателя при имитации движения грузового автомобиля по маршруту со склонами. Добавленный в математическую модель тормоза-замедлителя эффект сжатия жидкости компенсирует давление, создаваемое насосом, и препятствует избыточному заполнению проточной области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Braking performance and noise in excessive worn brake discs coated with HVOF thermal spray process / A. Öz [и др.] // *Journal of Mechanical Science and Technology*. 2017. Т. 31. № 2. С. 535-543.
2. Zheng H. Hydraulic retarders for heavy vehicles: Analysis of fluid mechanics and computational fluid dynamics on braking torque and temperature rise / H. Zheng, Y. Lei, P. Song // *International Journal of Automotive Technology*. 2017. Т. 18. Hydraulic retarders for heavy vehicles. № 3. С. 387-396.
3. Analysis of unsteady rotor-stator flow with variable viscosity based on experiments and CFD simulations / C. Liu [и др.] // *Numerical Heat Transfer; Part A: Applications*. 2015. Т. 68. № 12. С. 1351-1368.
4. Hur N. Flow and performance analyses of a partially-charged water retarder / N. Hur, M. Moshfeghi, W. Lee // *Computers & Fluids*. 2018. Т. 164. С. 18-26.
5. Liu C. Numerical investigation on effects of thermophysical properties on fluid flow in hydraulic retarder / C. Liu, W. Bu, T. Wang // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2017. Т. 114. С. 1146-1158.
6. Wang K. Research on parametric design of hydraulic retarder based on multi-field coupling of heat, fluid and solid / K. Wang, J. Tang, G. Li // *Open Mechanical Engineering Journal*. 2015. Т. 9. № 1. С. 58-64.
7. Mu H. Study on influence of inlet and outlet flow rates on oil pressures and braking torque in a hydrodynamic retarder / H. Mu, Q. Yan, W. Wei // *International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow*. 2017. Т. 27. № 11. С. 2544-2564.
8. Study on reconstruction and prediction methods of pressure field on blade surfaces for oil-filling process in a hydrodynamic retarder / H. Mu [и др.] // *International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow*. 2016. Т. 26. № 6. С. 1843-1870.
9. Temperature field analysis on the hydrodynamic retarder of heavy vehicle / Z. Yuan [и др.] // *Advanced Materials Research*. 2012. Т. 503-504. С. 1025-1028.
10. The experimental study of unload on temperature characteristics of hydraulic retarder / C. Wu [и др.] // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Т. 620. С. 255-261.
11. Zheng H.-P. Water medium retarders for heavy-duty vehicles: Computational fluid dynamics and experimental analysis of filling ratio control method / H.-P. Zheng, Y.-L. Lei, P.-X. Song // *Journal of Hydrodynamics*. 2017. Т. 29. Water medium retarders for heavy-duty vehicles. № 6. С. 1067-1075.
12. Application of fuzzy logic in constant speed control of hydraulic retarder / Y. Lei [и др.] // *Advances in Mechanical Engineering*. 2017. Т. 9. № 2.
13. Zheng H. Design of a filling ratio observer for a hydraulic retarder: An analysis of vehicle thermal management and dynamic braking system / H. Zheng, Y. Lei, P. Song // *Advances in Mechanical Engineering*. 2016. Т. 8. Design of a filling ratio observer for a hydraulic retarder. № 10. С. 1-8.
14. Effects of blade lean angle on a hydraulic retarder / M. Chen [и др.] // *Advances in Mechanical Engineering*. 2016. Т. 8. № 5. С. 1-9.
15. Raine J.K. Computer Simulation of a Variable Fill Hydraulic Dynamometer. Part 1 : torque absorption theory and the influence of working compartment geometry on performance / J.K. Raine, P.G. Hodgson // *Journal of Mechanical Engineering Science*. 1991. Т. 205. № 3. С. 155-163.
16. Hodgson P.G. Computer Simulation of a Variable Fill Hydraulic Dynamometer. Part 2: Steady State and Dynamic Open-Loop Performance / P.G. Hodgson, J.K. Raine // *Journal of Mechanical Engineering Science*. 1992. Т. 206. № 1. С. 49-56.
17. Hodgson P.G. Computer Simulation of a Variable Fill Hydraulic Dynamometer. Part 3: Closed-Loop Performance / P.G. Hodgson, J.K.

Raine // *Journal of Mechanical Engineering Science*. 1992. Т. 206. № 5. С. 327-336.

18. *Fundamentals of Fluid Mechanics* / B.R. Munson [и др.]. Hoboken, NJ: Wiley, 2012. 792 с.

REFERENCES

1. Öz, A., Gürbüz, H., Yakut, A. K., and Sağiroğlu, S. Braking performance and noise in excessive worn brake discs coated with HVOF thermal spray process. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 2017, vol. 31, no. 2, pp. 535–543.

2. Zheng, H., Lei, Y., and Song, P. Hydraulic retarders for heavy vehicles: Analysis of fluid mechanics and computational fluid dynamics on braking torque and temperature rise. *International Journal of Automotive Technology*, 2017, vol. 18, no. 3, pp. 387–396.

3. Liu, C., Xu, D., Ma, W., Yuan, Z., and Li, X. Analysis of unsteady rotor-stator flow with variable viscosity based on experiments and CFD simulations. *Numerical Heat Transfer; Part A: Applications*, 2015, vol. 68, no. 12, pp. 1351–1368.

4. Hur N., Moshfeghi M., and Lee W. Flow and performance analyses of a partially-charged water retarder. *Computers & Fluids*, 2018, vol. 164, pp. 18-26.

6. Wang, K., Tang, J., and Li, G. Research on parametric design of hydraulic retarder based on multi-field coupling of heat, fluid and solid. *Open Mechanical Engineering Journal*, 2015, vol. 9, no. 1, pp. 58–64.

7. Mu, H., Yan, Q., and Wei, W. Study on influence of inlet and outlet flow rates on oil pressures and braking torque in a hydrodynamic retarder. *International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow*, 2017, vol. 27, no. 11, pp. 2544–2564.

8. Mu, H., Wei, W., Untaroiu, A., and Yan, Q. Study on reconstruction and prediction methods of pressure field on blade surfaces for oil-filling process in a hydrodynamic retarder. *International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow*, 2016, vol. 26, no. 6, pp. 1843–1870.

9. Yuan, Z., Ma, W., Cai, W., Fan, L., and Song, J. Temperature field analysis on the hydrodynamic retarder of heavy vehicle. *Advanced Materials Research*, 2012, vol. 503–504, pp. 1025–1028.

10. Wu, C., Song, Z. C., Tang, S. S., and Shan, W. G. The experimental study of unload on temperature characteristics of hydraulic retarder. *Applied Mechanics and Materials*, 2014, vol. 620, pp. 255–261.

11. Zheng, H.-P., Lei, Y.-L., and Song, P.-X.

Water medium retarders for heavy-duty vehicles: Computational fluid dynamics and experimental analysis of filling ratio control method. *Journal of Hydrodynamics*, 2017, vol. 29, no. 6, pp. 1067–1075.

12. Lei, Y., Song, P., Zheng, H., Fu, Y., Li, X., and Song, B. Application of fuzzy logic in constant speed control of hydraulic retarder. *Advances in Mechanical Engineering*, 2017, vol. 9, no. 2.

13. Zheng, H., Lei, Y., and Song, P. Design of a filling ratio observer for a hydraulic retarder: An analysis of vehicle thermal management and dynamic braking system. *Advances in Mechanical Engineering*, 2016, vol. 8, no. 10, pp. 1–8.

14. Chen, M., Guo, X., Tan, G., Pei, X., and Zhang, W. Effects of blade lean angle on a hydraulic retarder. *Advances in Mechanical Engineering*, 2016, vol. 8, no. 5, pp. 1–9.

15. Raine, J. K. and Hodgson, P. G. Computer Simulation of a Variable Fill Hydraulic Dynamometer. Part 1: torque absorption theory and the influence of working compartment geometry on performance. *Journal of Mechanical Engineering Science*, 1991, vol. 205, no. 3, pp. 155–163.

16. Hodgson, P. G. and Raine, J. K. Computer Simulation of a Variable Fill Hydraulic Dynamometer. Part 2: Steady State and Dynamic Open-Loop Performance. *Journal of Mechanical Engineering Science*, 1992, vol. 206, no. 1, pp. 49–56.

17. Hodgson, P. G. and Raine, J. K., Computer Simulation of a Variable Fill Hydraulic Dynamometer. Part 3: Closed-Loop Performance. *Journal of Mechanical Engineering Science*, 1992, vol. 206, no. 5, pp. 327–336.

18. Munson, B. R., Rothmayer, A. P., Okiishi, T. H., and Huebsch, W. W., *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 7 edition. Hoboken, NJ: Wiley, 2012.

Поступила 04.03.2018, принята к публикации 25.06.2018.

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

Ковалёв Илья Сергеевич – магистрант кафедры «Системный анализ и информатика» ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (423822, г. Набережные Челны, пр. Мира, 16а, e-mail: kovalevis@mail.ru); инженер-конструктор службы кон-

структурских и научно-исследовательских расчётов, Научно-технический центр ПАО «КАМАЗ» (423800, г. Набережные Челны, Транспортный проезд, 70).

16a, Mira Ave., Naberezhnye Chelny, Russian Federation), e-mail: kovalevis@mail.ru); Design Engineer of Research Calculations, R&D KAMAZ Centre (423800, 70, Transportnyj Pas., Naberezhnye Chelny, Russian Federation).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kovalev Iliia Sergeevich – Master Student of the System Analysis and Informatics Department, Kazan (Volga) Federal University (423822,

К ВОПРОСУ ПРИМЕНИМОСТИ РАСЧЕТНОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗНОСУ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ПОСЛЕ ТЕРМОДИФФУЗИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ

В.Е. Овсянников, В.И. Васильев
ФГБОУ ВО Курганский государственный университет,
г. Курган, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В данной статье рассмотрены вопросы применимости расчетного метода оценки сопротивления износу для деталей из серого чугуна после термодиффузионного упрочнения. Целью работы является проверка применимости расчетной модели для определения интенсивности изнашивания в случае переменной твердости поверхностного слоя.

Материалы и методы исследования. В качестве модели используется зависимость интенсивности изнашивания для контакта двух дисков фрикционной передачи. Расчетное определение параметров изнашивания выполнено для двух вариантов: контакт стального диска и диска из серого чугуна с упрочненным слоем и контакт стального диска и диска из закаленного высокопрочного чугуна. Делается допущение, что в зоне контакта сформирована шероховатость, соответствующая приработанной поверхности. Экспериментальная проверка полученных результатов выполнялась посредством определения удельной работы абразивного износа для серого чугуна с упрочненным слоем и высокопрочного закаленного чугуна.

Результаты. В ходе проведенных расчетов установлено, что износостойкость деталей из серого чугуна с упрочненным слоем сопоставима с высокопрочным чугуном после закалки. Результаты экспериментальной проверки подтвердили справедливость расчетов, т.к. значения параметров износостойкости, полученные расчетным и экспериментальным путем, хорошо согласуются между собой. Таким образом, возможность использования расчетной методики оценки износостойкости для рассматриваемого случая можно считать доказанной, а, следовательно, ее можно использовать при проектных расчетах узлов трения, содержащих детали из серого чугуна с упрочненным слоем.

Обсуждение и заключение. Рассматриваемый способ поверхностного упрочнения необходимо применять в зависимости от особенностей эксплуатации узла трения. В том случае, когда допускаемые значения износа изменяются в широких пределах (например, тормоза, сцепление и т.д.) имеет смысл не подвергать поверхностный слой механической обработке, чтобы формирование оптимальных параметров поверхностей трения происходило естественным путем, в противном случае нужно удалять припуск. Использование расчетного метода определения сопротивления слоя износу, позволяет определить конкретные значения припуска, который необходимо удалять.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: упрочнение, стратегии, ремонт, детали транспортных средств.

© В.Е. Овсянников, В.И. Васильев, 2018



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

QUESTION OF APPLICABILITY OF THE CALCULATION ASSESSMENT METHOD OF RESISTANCE FOR DETAILS AFTER THERMAL DIFFUSION HARDENING

V.E. Ovsyannikov, V.I. Vasilyev
Kurgan State University,
Kurgan, Russia

ABSTRACT

Introduction. The article discusses the question of applicability of the calculation assessment method of resistance for details from gray cast iron after thermal diffusion hardening. The purpose of research is to check applicability of the calculated model for determination of intensity in case of the variable blanket hardness.

Materials and methods. The model of intensity dependence on contact of two disks of friction gear is used in the research. Calculated determination of parameters is executed in two options: contact of the steel disk and disk from gray cast iron with the strengthened layer, and contact of the steel disk and disk from the tempered high-strength cast iron. Thus, roughness corresponding to the earned extra surface in contact zone is created. Experimental check of received results is carried out by means of specific work of abrasive wear definition for gray cast iron with the strengthened layer and the high-strength tempered cast iron.

Results. As a result, it was established that the resistance of details from gray cast iron with the strengthened layer is comparable to high-strength cast iron after hardening. The results of experimental check prove the obtained calculations since the parameters values of resistance received would be well coordinated. Therefore, the possibility of the calculated resistant technique usage for such case could be considered as proved one and, therefore, it could be used at design calculations of the frictional units containing details from gray cast iron with the strengthened layer.

Discussion and conclusions. The considered way of superficial hardening needs to be applied depending on features of operation on frictional unit. In such case, when the allowed values of wear change in wide limits (for example, brakes, coupling, etc.) it would be better not to subject a blanket to machining where the formation of optimum parameters of friction surfaces happened in natural way, or it would be necessary to delete an allowance. This suggests that the calculation method of the determination of layer resistance enables to define concrete values of an allowance which needs to be deleted.

KEYWORDS: hardening, strategy, repair, details of vehicles.

© V.E. Ovsyannikov, V.I. Vasilyev, 2018



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

ВВЕДЕНИЕ

В конструкциях автотранспортных средств достаточно большое применение получил чугун: некоторые транспортные средства содержат до 20% чугунных деталей. Причем чугун используется как при изготовлении непосредственно деталей транспортных средств, так и при производстве агрегатов, которые устанавливаются дополнительно на спецтехнику, используемую в нефтегазовом комплексе, тушении пожаров и т.д. Преимущества от применения данного конструкционного материала заключаются в его сравнительно низкой стоимости, хорошей сопротивляемости износу, литейным свойствам и т.д. Для изготовления ответственных деталей чаще всего используется высокопрочный чугун, легированный различными элементами. Использование же более дешевого серого чугуна ограничивается тем, что для повышения твердости поверхностного слоя деталей применяются в основном дорогостоящие решения (электролитическое хромирование, лазерная закалка, закалка с использованием индукционного нагрева и т.д.) [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]).

Разработан новый способ поверхностного упрочнения серого чугуна¹, который заключается в нагреве детали в контакте с оксидами легирующих элементов без доступа кислорода. Процесс упрочнения заключается в том, что оксиды легирующих элементов диссонируют на поверхности упрочняемой детали, затем происходит адсорбция элементов вглубь сплава, окисление углерода основы чугуна и одновременное насыщение поверхностного слоя легирующими элементами (титаном, молибденом, хромом и т.д.). В результате слой приобретает структуру, соответствующую высокоуглеродистой легированной стали (перлитную). В дальнейшем имеется возможность произвести закалку данного слоя с получением мартенситной структуры.

Исследования упрочненного слоя [14] показали, что посредством данного метода можно получать толщину слоя до 3 мм, что в 3-6 раз больше, чем при использовании аналогов (электролитического хромирования и лазерной закалки). Результаты измерения твердости показали, что она сопоставима с твердостью высокопрочного чугуна после закалки. Причем было установлено, что твердость по

мере продвижения, вглубь упрочненного слоя, возрастает. Данный факт обуславливает иной характер зависимости износа от наработки по сравнению с традиционными случаями.

Одной из проблем, которая возникает при применении данного способа на практике, является определение требований по толщине упрочненного слоя в зависимости от величины ресурса работы сопряжения (выполнение проектных расчетов). Традиционно для этих целей используются расчетные методы, основанные на определении интенсивности изнашивания [15, 16, 17, 18, 19]. Однако в рассматриваемом случае твердость слоя по толщине является переменной и возрастает по мере продвижения вглубь слоя, что вызывает определенные проблемы при расчетах.

Целью работы является оценка применимости расчетной модели для определения интенсивности изнашивания в случае переменной твердости поверхностного слоя.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

В качестве модели используется зависимость интенсивности изнашивания для контакта двух дисков фрикционной передачи [15, 16, 17, 18, 19, 20].

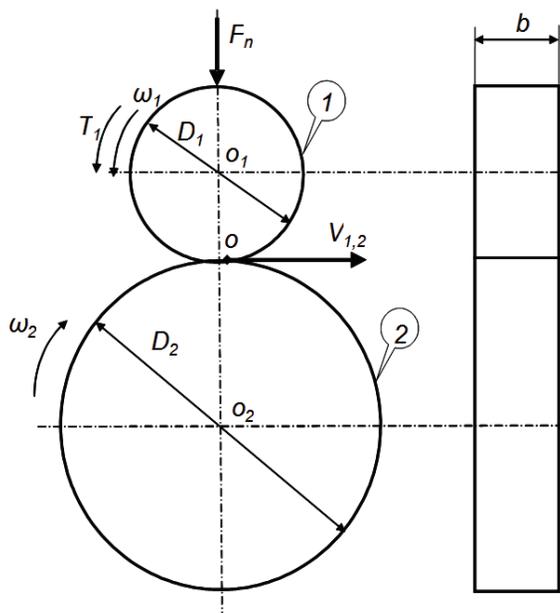


Рисунок 1 – Фрикционная цилиндрическая передача [15]

Figure 1 – Frictional cylindrical gear

¹ Пат. 2493289 Российская Федерация, МПК С23С 10/36, С23С 10/60. Способ диффузионного титанирования изделий из чугуна / Гуревич Ю.Г., Овсянников В.Е., Фролов В.А., Суханов П.А.; заявитель и патентообладатель Курганский гос. ун-т. – № 2012116651/02; заявл. 24.04.12; опубл. 20.09.13, Бюл. № 26 (II ч.). 6 с.

На рисунке 1 цифрой 1 обозначен ведущий диск, 2 – ведомое. D_1 и D_2 – диаметры ведущего и ведомого дисков. $V_{1,2}$ – окружные скорости (качения) точек рабочих поверхностей ведущего и ведомого дисков. $\omega_{1,2}$ – угловые скорости ведущего и ведомого дисков. F_n – сила прижатия. T_1 – крутящий момент на ведущем диске; b – ширина дисков, мм; o – точка контакта; o_1 и o_2 – оси вращения дисков.

Зависимость интенсивности изнашивания имеет вид [15]

$$I_h = 0.24 \cdot 0.5^{t_y - \frac{5}{4}} \cdot 15^{\frac{2t_y}{5}} \cdot \alpha \cdot K_{tv} \cdot p \cdot E^{\frac{t_y}{5} - 1} \cdot \tau_0^{12} \cdot \alpha_G^{\frac{t_y}{2}} \cdot \left(\frac{k \cdot fm}{\sigma_0} \right)^{t_y}, \quad (1)$$

где σ_0 – разрушающее напряжение при однократном растяжении, Мпа;

t_y – параметр кривой фрикционной усталости;

E – модуль продольной упругости материала детали, Мпа;

K_{tv} – поправочный коэффициент к числу циклов до отделения с поверхности частиц износа;

α – коэффициент перекрытия;

α_G – коэффициент гистерезисных потерь при простом растяжении-сжатии;

$fm = \frac{\tau_0}{HB} + \beta$ – молекулярная составляющая коэффициент трения;

τ_0, β – фрикционные параметры, зависящие от условия работы пары трения;

HB – твердость по Бринелю;

k – коэффициент, учитывающий качество поверхности детали;

p – контактное давление в сопряжении, Мпа.

Контактное давление определяется по следующей расчетной зависимости [15]:

$$p = \frac{1}{\pi} \sqrt[3]{\frac{6 \cdot k_d \cdot F_n \cdot E_1^2 \cdot E_2^2}{R_{pr}^2 \cdot [E_2 \cdot (1 - \mu_1^2) + E_1 \cdot (1 - \mu_2^2)]^2}}, \quad (2)$$

где k_d – динамический коэффициент;

F_n – нормальная сила в зоне контакта;

E_1, E_2 – модули продольной упругости материалов контактирующих деталей, Мпа;

μ_1, μ_2 – коэффициенты Пуассона.

$R_{pr} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ – приведенный радиус кривизны, мм;

R_1, R_2 – радиусы ведущего и ведомого колес, мм.

Ресурс работы передачи определяется следующим образом [15]:

$$t = \frac{h}{2 \cdot I_h \cdot b_h \cdot \frac{V_1 - V_2}{V_1} \cdot n_1}, \quad (3)$$

где b_h – ширина контакта, мм; V_1, V_2 – линейные окружные скорости в месте контакта для ведущего и ведомого дисков, м/с; n_1 – число оборотов ведущего диска, об/мин; h – толщина изношенного слоя, мм.

ОБСУЖДЕНИЕ

Для сравнения ресурса работы был произведен расчет для двух вариантов:

1-й вариант – контакт дисков, изготовленных из стали и высокопрочного закаленного чугуна. При этом модули продольной упругости материалов равны $E_1=2 \cdot 10^5$ МПа, $E_2=6 \cdot 10^4$ МПа. Твердость принималась равной $HB=500$. Ширина контакта $b_n = 10$ мм. Расчеты выполнялись при величине силы прижатия $F_n = 1000$ Н. Толщина изнашиваемого слоя принималась равной $h = 1$ мм. Диаметры принимались равными $D_1 = D_2 = 100$ мм. Величина ресурса работы при указанных выше условиях, для рассматриваемой пары составила $t_1 = 21992$ ч.

2-й вариант – контакт диска, изготовленного из стали с диском, имеющим упрочненный слой, полученный по рассматриваемой в работе технологии. Отличие от рассмотренного выше случая заключается в том, что модуль продольной упругости колеса с упрочненным слоем равен $E=2 \cdot 10^5$ МПа, т.к. структура слоя соответствует стали. Ввиду того, что твердость слоя меняется по мере продвижения вглубь сплава, расчеты проводились по слою. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Как можно видеть из таблицы 1, общая износостойкость упрочненного превышает аналогичный показатель для высокопрочного закаленного чугуна на 15 %.

Испытания на износостойкость проводились на установке (см. рисунок 2) [14]. Испытуемый образец (8) с плоской поверхностью истирается на абразивной ленте (7). Величина нормального давления и скорость движения абразивной ленты фиксированы. Нормальное давление на образец задается грузами (5) при помощи коромысла (4) и при испытании

остаётся постоянным. Постоянство скорости движения ленты обеспечивается тянущим механизмом, состоящим из двигателя (1) и редуктора (2) со ступенчатым регулированием скорости от 0,001 до 0,2 м/с, металлического и резинового валков (3).

В качестве характеристики сопротивления износу использовалась удельная работа абразивного износа [14].

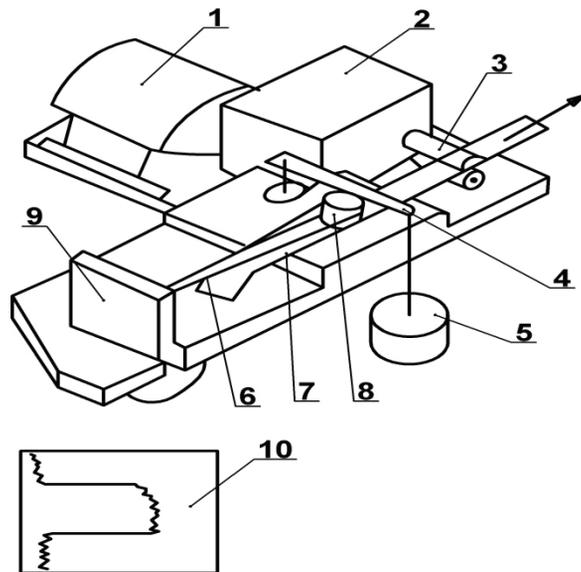


Рисунок 2 – Принципиальная схема установки для испытания материалов на абразивный износ: 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – валки; 4 – коромысло; 5 – груз; 6 – нить; 7 – лента абразивная; 8 – образец; 9 – тензорезисторный силоизмерительный элемент; 10 – потенциометр.

Figure 2 – Schematic diagram of the installation for testing materials on abrasive wear: 1 – electric motor; 2 – reducer; 3 – rolls; 4 – rocker; 5 – cargo; 6 – thread; 7 – abrasive tape; 8 – sample; 9 – strain gage force measuring element; 10 – potentiometer

ТАБЛИЦА 1
Результаты расчетов ресурса работы колеса с упрочненным слоем

TABLE 1
Calculation results of operation of the wheel with reinforced layer

Толщина слоя h, мм	Время изнашивания t, ч
0.2	3600
0.4	7200
0.6	13478
0.8	19443
1.0	25966

Были получены следующие результаты:
 Удельная работа абразивного износа для упрочненного слоя $a = 5,57 \pm 0,19$ Дж/мг
 Удельная работа абразивного износа для высокопрочного закаленного чугуна $a = 6,83 \pm 0,19$ Дж/мг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Удельная работа абразивного износа упрочненного слоя и высокопрочного закаленного чугуна сопоставимы, что подтверждает справедливость результатов, полученных расчетным путем.

Отклонения результатов:

$$\Delta t_{расч} = \frac{4399 - 3600}{4399} \times 100\% = 18.2\%;$$

$$\Delta a_{эксп} = \frac{6.83 - 5.57}{6.83} \times 100\% = 18.4\%.$$

Анализ полученных результатов позволяет сделать некоторые выводы в части особенностей применения рассматриваемого способа упрочнения серого чугуна в зависимости от требований деталям:

– детали, на эксплуатационные свойства которых не оказывает существенного влияния

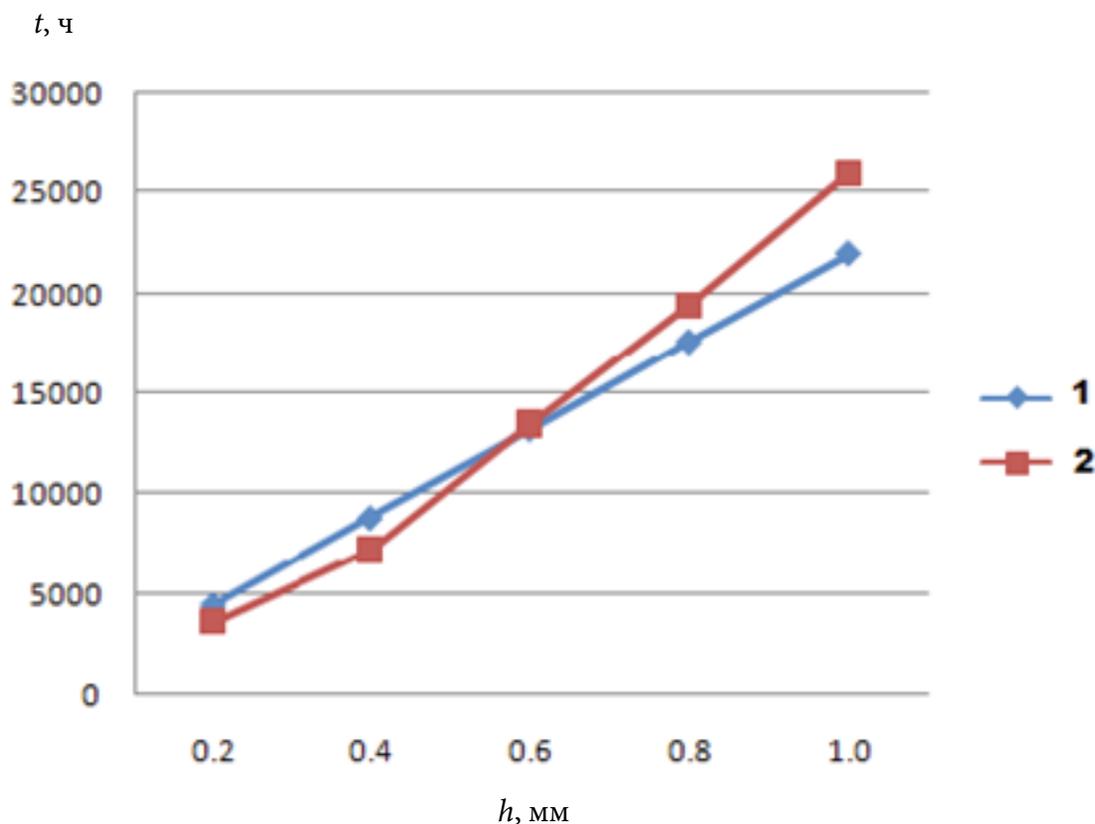


Рисунок 3 – Зависимости $t=f(h)$:
 1 – взаимодействие стального диска и диска из высокопрочного закаленного чугуна;
 2 – взаимодействие стального диска и диска с упрочненным слоем

Figure 3 – Dependences $t = f(h)$:
 1 – interaction of the steel disk and disk from high-strength hardened cast iron;
 2 – interaction of the steel disk and disk with strengthened layer

точность геометрических размеров (тормозные диски, колодки, барабаны и т.д.). В данном случае основным требованием является максимально возможный ресурс работы. Этого можно добиться ускорением приработки и наличием максимальной толщины упрочненного слоя. В данном случае нет необходимости в удалении части слоя, имеющей пониженную твердость (ферритной каймы). Наличие ферритной каймы позволит ускорить процесс приработки;

– детали, где важно сохранить точность геометрических размеров максимально долго (гильзы цилиндров двигателя, шейки коленчатых валов и т.д.). Здесь необходимо удаление слоя с пониженной твердостью.

Для определения величины минимального припуска, подлежащего удалению, построим зависимости $t=f(h)$ для рассматриваемых выше вариантов в одной системе координат.

Как можно видеть из рисунка 3 ресурс работы пары с упрочненным слоем начинает превышать ресурс работы пары из высокопрочного закаленного чугуна при толщине слоя по мере продвижения вглубь на 0.5 мм, что позволяет судить о величине припуска под механическую обработку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Майоров В.С., Майоров С.В. Закалка чугуновых деталей излучением твердотелого лазера // *Металловедение и термическая обработка металлов*. 2009. №3. С. 6-8.
2. Кристал М.А. Механизм диффузии в железных сплавах. М.: *Металлургия*, 1972. 400 с.
3. Поветкин В.В., Ковенский И.М. Структура электролитических покрытий. М.: *Металлургия*, 1989. 136 с.
4. Эдигаров В.Р., Алимбаева Б.Ш., Перков П.С. Комбинированная электромеханоультразвуковая обработка поверхностных слоев деталей машин // *Вестник СибАДИ*. 2017. № 2(54). С. 42-47. DOI:10.26518/2071-7296-2017-2(54)-42-47
5. Коротаев Д.Н., Иванова Е.В. Особенности формирования функциональных покрытий при электроискровом модифицировании металлических материалов // *Вестник СибАДИ*. 2017. № 3(55). С. 62-68. DOI:10.26518/2071-7296-2017-3(55)-62-68
6. Nisitani H., Tanaka S., Todaka T. Relation between microcrack and coxing effect of aged 0,15% C steels after quenching at law temperatures // *J. Soc. Mat. Sei Japan*. 1980. №26. p.317
7. Cooper R.E., Rowland W.D., Beasley D. *Atom. Weapons Res Estable//Atom Energy Auth Rept*. 1971. -0,25/71. p. 32-36.
8. Plenard E. Cast iron damping capacity, structure and property relation // *Modern Castings*. 1962. - V41/ P. 14-26.
9. Gilbert G.N. Variation of the microstructure of flake graphite cast iron after stressing in tension and compression // *BCJRA Journal*. 1964. 1. P. 18-25.
10. Lampman S., *Introduction to surface hardening of steels*, ASM Handbook, Vol. 4, Heat Treating, ASM International, Materials Park, OH, pp. 259-267, 1997. p.
11. Ruglic T., *Flame hardening*, ASM Handbook, Vol. 4, Heat Treating, ASM International, Materials Park, OH. pp.268-285, 1997.p.
12. John C. Ion, "Laser processing of Engineering Materials", Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. p.
13. Rana J, Goswami G L, Jha S K, Mishra P K, Prasad B V S SS, 2007, Experimental studies on the micro structure and hardness of laser – treated steel specimens, *Optics and Laser Technology*, 39, 385-393.
14. Гуревич Ю.Г., Овсянников В.Е., Фролов В.А. Влияние катализатора (железа) на взаимодействие оксидов с основой феррито-перлитного серого чугуна, обеспечивающее закалку и диффузионное легирование: монография. Курган: Изд-во КГУ, 2013. 102 с.
15. Износостойкость сопрягающихся деталей механического оборудования наземных транспортных систем / Н.В. Асеев, Е.Н. Асеева, Э.Ф. Крейчи, М.М. Матлин. Волгоград: ВолгГТУ, 2000. 99 с.
16. Мур Д. Основы и применения трибоники. М.: Мир, 1978. 488 с.
17. Суслов, А. Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей / А. Г. Суслов; Брян. ин-т трансп. машиностроения. М.: Машиностроение, 1987. 208 с.
18. Хайнике Г. Трибохимия. М.: Мир, 1987. 584 с.
19. Крагельский И.В. Трение и износ. М.: Машиностроение, 1968. 480 с.
20. Vasiliev V.I., Ovsyannikov V.E., Nekrasov R. Yu. Determination of quenching modes after thermodiffusion hardening of parts from gray cast iron. // *Proceeding of international conference*

actual issues of mechanical engineering (AIME, 2017), AER-Advances in Engineering Research, B.133 p.537-542.

REFERENCES

1. Mayorov V.S., Mayorov S.V. Zakalka chugunnykh detalej izlucheniem tverdotelogo lazera [Hardening of iron details radiation of the solid laser]. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov*, 2009, no. 3. Pp. 6-8.
2. Krishtal M.A. *Mekhanizm diffuzii v zheleznykh splavah* [Diffusion mechanism in iron alloys]. Moscow, Metallurgy, 1972. 400 p.
3. Povetkin V.V., Kovensky I.M. *Struktura ehlektroliticheskikh pokrytij* [Structure of electro-deposited coatings]. Moscow, Metallurgy, 1989. 136 p.
4. Edigarov V.R., Alimbaeva B.S., Perkov P.S. Combined electromechanoultrasonic processing of surface coating of machinery. *Vestnik SibADI*, 2017, no. 2(54), pp. 42-47. (In Russ.) DOI:10.26518/2071-7296-2017-2(54)-42-47
5. Korotaev D.N., Ivanova E.V. Features of formation of functional coverings at electrospark modifying of metal materials. *Vestnik SibADI*, 2017, no. 3(55), pp. 62-68. (In Russ.) DOI:10.26518/2071-7296-2017-3(55)-62-68
6. Nisitani H., Tanaka S., Todaka T. Relation between microcrack and coxing effect of aged 0,15% C steels after quenching at low temperatures // *J. Soc. Mat. Sei Japan*. 1980. №26. p.317
7. Cooper R.E., Rowland W.D., Beasley D. *Atom. Weapons Res Estable//Atom Energy Auth Rept*. 1971. 0,25/71. p.32-36.
8. Plenard E/ Cast iron damping capacity, structure and property relation // *Modern Castings*. 1962. V41/ p. 14-26.
9. Gilbert G.N. Variation of the microstructure of flake graphite cast iron after stressing in tension and compression // *BCJRA Journal*. 1964. 1. p. 18-25.
10. Lampman S., Introduction to surface hardening of steels, ASM Handbook, Vol. 4, Heat Treating, ASM International, Materials Park, OH, pp. 259-267, 1997.
11. Ruglic T., Flame hardening, ASM Handbook, Vol. 4, Heat Treating, ASM International, Materials Park, OH. pp. 268-285, 1997.
12. John C. Ion, "Laser processing of Engineering Materials", Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.
13. Rana J, Goswami G L, Jha S K, Mishra P K, Prasad B V S S S, 2007, "Experimental studies on the micro structure and hardness of laser – treated steel specimens", *Optics and Laser Technology*, 39 , pp. 385-393
14. Gurevich Yu.G., Frolov V.A. *Vliyanie katalizatora (zheleza) na vzaimodejstvie oksidov s osnovoj ferrito-perlitnogo serogo chuguna, obespechivayushchee zakalku i diffuzionnoe legirovanie* [Influence of the catalyst (iron) on the interaction of oxides with the basis of ferrito-perlitny gray cast iron providing training and diffusive alloying]. Barrow: KGU publishing house, 2013. 102 p.
15. *Iznosostojkost' sopryagayushchihsya detalej mekhanicheskogo oborudovaniya nazemnykh transportnykh sistem* [Resistance of the interfaced details of the mechanical equipment of the land transport systems]. N.V. Aseev, E.N. Aseeva, E.F. Krejci, M.M. Matlin. Volgograd, 2000. 99 p.
16. Mur D. *Osnovy i primeneniya triboniki* [Bases and applications of tribonik]. Moscow, Mir, 1978. 488 p.
17. Suslov A.G. *Tekhnologicheskoe obespechenie parametrov sostoyaniya poverhnostnogo sloya detalej* [Technological support of parameters of a condition of a blanket of details]. Moscow, Mashinostroenie, 1987. 208 p.
18. Haynike G. *Tribokhimiya*, M.: World, 1987, 584 p.
19. Kragelsky I. V. *Friction and wear*. M.: Mashinostroeniye, 1968, 480 p.
20. Vasiliev V.I., Ovsyannikov V.E., Nekrasov R. Yu. Determination of quenching modes after thermodiffusion hardening of parts from gray cast iron. // *Proceeding of international conference actual issues of mechanical engineering (AIME, 2017), AER-Advances in Engineering Research, B.133 p.537-542.*

Поступила 25.02.2018, принята к публикации 25.06.2018.

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

Овсянников Виктор Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инноватика и менеджмент качества» ФГБОУ ВО Курганский государственный университет (640020, г. Курган, ул. Советская 63, стр. 4, e-mail: vik9800@mail.ru).

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

Васильев Валерий Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильный транспорт и автосервис» ФГБОУ ВО Курганский государственный университет (640020, г. Курган, ул. Советская 63, стр. 4, e-mail: vvprof@rtural.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ovsyannikov Victor Evgenyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Innovatics and Quality Management Department, Kurgan State University (640020, Kurgan, 63, building 4, Sovetskaya St., e-mail: vik9800@mail.ru).

Vasilyev Valery Ivanovich – Doctor of Technical Sciences (Engineering), Professor of the Motor Transport and Car Service Department, Kurgan State University (640020, Kurgan, 63, building 4, Sovetskaya St., e-mail: vvprof@rtural.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Васильев В.И. 50% (организация работы авторского коллектива, проработка концепции исследования).

Овсянников В.Е. 50% (создание алгоритма и программного продукта для расчета параметров износостойкости материалов с упрочненным слоем, проведение и анализ результатов экспериментов).

**РАЗДЕЛ III.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**

УДК 625.72:004.4

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ПРИ СТОХАСТИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ

Т.В. Боброва, М.С. Ратанин, Е.П. Тимофеева
ФГБОУ ВО «СибАДИ»,
г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Недостаточная проработка вопросов организации строительства в составе проектной документации является одним из факторов нарушения плановых сроков ввода объектов в эксплуатацию. Вероятностные графики позволяют получить более обоснованные сроки выполнения отдельных работ, а соответственно и всего проекта, исходя из заданного уровня надежности.

Методы. Процесс сооружения мостовых переходов рассмотрен как сложная иерархическая система, функционирующая в условиях стохастической неопределенности исходных данных. Особенностью предложенного комплексного подхода к проектированию организации строительства является сочетание элементов разных методов автоматизированного проектирования в среде MS Project. За основу моделирования принята обобщенная сетевая модель, рассчитанная на основе матрицы (вид работ – частный фронт работ) методом критического пути. Положительные и отрицательные растяжения связей при взаимодействии работ, а также организационные перерывы могут носить детерминированный или случайный, вероятностный характер. Обосновано применение методики PERT на стадии предварительной оценки риска в инвестиционных проектах мостового строительства.

Результаты. При расчете в программе MS Project были определены продолжительности строительства реального объекта при пессимистической, оптимистической, нормативной и ожидаемой длительности работ. Дана оценка рисков выполнения проекта в установленные сроки. Рассмотрен пример вариантного проектирования организационно-технологических решений мостового перехода с использованием летнего и зимнего строительных сезонов.

Заключение. Разработан алгоритм информационного моделирования организации строительства мостовых переходов. Цель моделирования: достоверный прогноз сроков строительства в условиях статистической неопределенности временных параметров технологических процессов. Направление дальнейших исследований связано с обоснованием выбора решений на основе совокупности действующих случайных факторов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: организационно-технологическое проектирование, вариантное моделирование в среде MS Project, сетевая диаграмма, критический путь, прогноз срока завершения проекта, взвешенные оценки длительности работ.

© Т.В. Боброва, М.С. Ратанин, Е.П. Тимофеева, 2018



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

INFORMATION MODELING OF ORGANIZATION OF BRIDGES' CONSTRUCTION UNDER STOCHASTIC UNCERTAINTY OF TIME PARAMETERS

T.V. Bobrova, M.S. Ratanin, E.P. Timofeeva
Siberian State Automobile and Highway University,
Omsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. *Inadequate study of the organization of construction in the project documentation is one of the factors that contravene the planned dates for putting objects into operation. Probabilistic graphs make it possible to obtain more justified timeframes for performing individual works, and even the entire project by proceeding a given level of reliability.*

Methods. *The research illustrates the process of building bridges as a complex hierarchical system, functioning in conditions of the initial data stochastic uncertainty. The feature of the proposed integrated approach to the construction organization design is the combination of different methods' elements of computer-aided design in the MS Project environment. The simulation is based on the generalized network model, calculated on the basis of the matrix (type of work - private work front) by the critical path method. Thus, positive and negative bonds' stretching in the work interaction as well as organizational breaks could be deterministic, random and probabilistic. The application of the PERT methodology at the stage of preliminary risk assessment in investment projects of bridge construction is substantiated.*

Results. *As a result, the duration of the construction of the real object by calculation in the MS Project was determined under pessimistic, optimistic, normative and expected work duration. The risks' evaluation of the project implementation in the established time frame was presented. In addition, the example of organizational and technological solutions for bridge crossing by using summer and winter construction seasons was considered.*

Discussion and conclusions. *The algorithm for informational modeling of bridge construction organization is developed. The purpose of such simulation is reliable forecast of construction dates in conditions of statistical uncertainty of time parameters of technological processes. Therefore, the direction of further research would be connected with the justification of the choice of solutions based on the set of acting random factors.*

KEYWORDS: *organizational and technological design, variation modeling in MS Project, network diagram, critical path, forecast the completion date of the project, balanced assessment for work duration.*

© T.V. Bobrova, M.S. Ratanin, E.P. Timofeeva, 2018



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

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании организации строительства мостовых переходов в настоящее время широко используются традиционные модели в виде линейных графиков Ганта и циклограмм. В ходе реализации проектов сроки производства работ могут существенно меняться вследствие изменения погодных условий, срыва поставок ресурсов и финансирования, выхода из строя строительной техники и т.п. Данные факторы приводят к необходимости корректировки календарных планов на различных этапах производства работ, при этом прогнозирование сроков окончания строительства становится затруднительным. Недостаточная проработка вопросов организации строительства в составе проектной документации является одним из факторов нарушения плановых сроков ввода объектов в эксплуатацию. Информационное моделирование строительного объекта как новая система управления его жизненным циклом на стадиях инициация – проектирование – строительство – эксплуатация активно разрабатывается и обсуждается в работах отечественных и зарубежных ученых [1, 2, 3, 4].

В работах [5, 6, 7] рассматриваются методы контроля и управления сроками реализации строительных проектов разной отраслевой направленности. Для своевременного завершения проектов в условиях неопределенности авторы рассматривают разные варианты, включая создание и регулирование резервов в бюджете проекта в целях предотвращения нарушений календарного графика производства работ. В работе [6] С.В. Бовтеев демонстрирует связь сроков строительства с затратами в жизненном цикле (ЖЦ) проекта, обосновывая мероприятия по резервированию, которые обеспечат ввод объекта в установленные сроки с большей степенью надежности.

Вероятностные графики позволяют получить более обоснованные сроки выполнения отдельных работ, а соответственно и всего проекта, исходя из заданного уровня надежности. К недостаткам вероятностных моделей организации строительства объектов исследователи в разные годы относили трудоемкость их построения и требование более высокого уровня квалификации работников [8].

За последние годы существенно расши-

рились возможности применения информационных технологий при проектировании организации строительства. Использование автоматизированной системы управления проектами MS Project [1, 9] позволяет не только достаточно быстро выполнять корректировку календарного плана, но и оценивать степень риска и заложить необходимые резервы для корректировки проектных решений уже на стадии проектирования. Кроме того, моделирование разных вариантов организационных и технологических решений в среде MS Project позволяет спрогнозировать экономические параметры разных вариантов и выбрать рациональное решение для реализации проекта.

С точки зрения математической постановки процесс сооружения мостовых переходов рассмотрен как сложная иерархическая система, функционирующая в условиях стохастической неопределенности исходных данных [9, 10, 11]. Приняты предпосылки о законах распределения и временных параметрах процессов производственной системы как случайных величинах.

Особенностью использованного нами комплексного подхода к проектированию организации строительства мостового перехода является сочетание элементов разных методов автоматизированного проектирования, позволяющих в итоге выполнить сравнение большого количества альтернативных вариантов и обосновать выбор эффективного решения с минимальными затратами времени и средств на проектирование.

ОПИСАНИЕ МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ КАЛЕНДАРНЫХ ГРАФИКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА В СРЕДЕ MS PROJECT

К числу основных условий проектирования в среде MS Project относится структурирование элементов объекта и процессов на принципах продуктово-процессного подхода. Декомпозиция объекта на проектные модули с выделением технологических процессов на участках (фронтах) работ позволяет перейти к методологии матричного моделирования [12]. В зависимости от поставленных целей проектирования данный метод предполагает решение задачи календарного планирования разными способами: непрерывного использования ресурсов с совмещением или несовмещением работ на общем фронте, непрерыв-

¹ Бовтеев С. В. Информационные технологии в строительстве. Управление строительными проектами в среде Microsoft Project 2013 Professional : учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. 292 с.

ного использования фронта работ, методом критического пути. Последний метод позволяет минимизировать сроки строительства при заданных ресурсах, что является особенно важным при строительстве мостовых переходов. Преимущество сетевого планирования, в котором отображается критический путь, резервы времени для управления проектами, давно доказано и успешно реализуется средствами MS Project.

Невозможно обойти вопрос о факторах риска и неопределенности в современном календарном планировании строительных объектов, который достаточно успешно может решаться при имитационном моделировании. Важным преимуществом такого моделирования является оценка риска реализации проекта в установленные сроки с использованием метода PERT или методов статистического моделирования «Монте-Карло», которые могут реализовываться в среде MS Project [13].

За основу моделирования принята обобщенная сетевая модель [10,12,14]. Важным элементом автоматизированного проектирования является отображение взаимодействия между работами в виде положительного или отрицательного растяжения связей, которое может носить детерминированный или случайный, вероятностный характер.

В работе [10] расширено понятие технологических связей с введением термина «случайные организационные ожидания», которые могут отражать как непредвиденные перерывы в работе, так и запланированные, например сезонные перерывы технологических процессов. Названные методы не являются исчерпывающим перечнем. Другие цели могут быть ориентированы на решение конкретных задач, чтобы создать возможность для экономии общего времени или затрат участниками проекта.

Ряд ученых считает, что традиционный метод PERT недостаточно надежен для вероятностной оценки сроков реализации комплексных проектов со сложной структурой [14, 15, 16, 17]. Авторы полагают, что при наличии в проекте нескольких вариантов критических путей результаты расчета по методике PERT будут существенно завышены, что приведет к дезориентации заказчика и команды проекта. Предлагается ряд других методов, например, «универсальный» метод оценки» [18] требует проведения дополнительных вычислительных операций и не нашел широкого применения на практике.

На основе статистических данных в транс-

портном строительстве принято, что продолжительность выполнения отдельных видов работ подчиняется закону β -распределения [8, 19, 20, 21]. Применяют различные разновидности описания параметров случайных величин, распределенных по данному закону. В методе PERT [13, 15, 22] принята оценочная шкала длительностей выполнения работ, состоящая из трех прогнозных оценок, учитывающих наиболее благоприятные условия, нормальные условия (нормаль строительного процесса [23]) и самые неблагоприятные условия.

Соотношение этих показателей для расчета средневзвешенной оценки принимается как 1:4:1. При таком соотношении больший вес придается нормативной длительности. По рекомендациям [24, 25] рассмотрены другие модификации β -распределения, описывающие вероятность выполнения строительно-монтажных работ достаточно корректно, не отдавая значительного предпочтения срокам с нормативной вероятностью.

Функция распределения описывается формулой

$$\varphi(x) = \frac{12(x-\alpha)(\beta-x)^2}{(\beta-\alpha)^4} \quad (1)$$

Для функции (1) математическое ожидание T_μ вычисляется по формуле

$$T_\mu = \frac{(2\beta+3\alpha)}{5} \quad (2)$$

где α и β – соответственно минимально и максимально возможные продолжительности выполнения работы.

Для определения среднеквадратического отклонения используют выражение

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\beta-\alpha)^2}{25}} \quad (3)$$

Профессор В.З Величкин [24] предлагает учитывать в этих формулах показатель эффективности управления строительством ξ , который может меняться от 0 (жесткое регулирование хода работ) до 2 (слабый контроль и регулирование).

На стадии инвестиционного проектирования, до выбора подрядчика, этот показатель можно рассматривать на среднем уровне и принять $\xi=1$. Тогда вероятностные параметры отдельных работ проекта можно оценивать по формулам (2), (3).

Показатели нормативной длительности отдельных работ можно принимать на основе действующих сметных нормативов. Тогда оптимистические сроки назначают на 15–20% ниже нормативных, учитывая рост производительности труда по сравнению с заложенным в нормативах. Пессимистическая оценка при неопределенности в системе управления может быть повышена до 50% по сравнению с нормативной.

Авторы [25] распространяют подходы по интервальной оценке параметров отдельных работ на комплексный проект. В то же время согласно центральной предельной теореме теории вероятностей П.Л. Чебышева при суммировании случайных величин независимо от закона распределения слагаемых закон распределения суммы приближается к нормальному [8]. Таким образом, срок выполнения проекта мостового перехода в целом с учетом действия множества различных факторов будем рассматривать как нормально распределенную случайную величину.

На наш взгляд, проекты мостового строительства отличаются достаточно стабильной структурой технологической последовательности работ при высокой доле критических работ в составе проекта. В линейном дорожном строительстве эта доля может достигать до 80–90%. С этой точки зрения считаем возможным применение методики PERT на стадии предварительной оценки риска в инвестиционных проектах мостового строительства. В дальнейшем, учитывая возможности автоматизированного проектирования, на стадии разработки проектов производства работ целесообразно использовать методы статистического моделирования (Монте-Карло) с параметрами случайных величин, приближенных к условиям конкретной стройки.

При расчете в программе MS Project определяют продолжительность проекта с учетом связей с задержками и опережениями между работами при пессимистической, оптимистической, нормативной и ожидаемой длительностями работ. При оптимистических оценках длительности работ определяется оптимистическая продолжительность, быстрее которой проект не может быть завершён ни при каких обстоятельствах. В результате подстановки в модель MS Project ожидаемых продолжительностей работ определяется ожидаемая продолжительность проекта $T_{ож}$, за которую проект завершится с вероятностью 50%.

Таким же образом в программе определяется пессимистическая продолжительность проекта, т.е. такая, медленнее которой проект

не может быть завершён ни при каких обстоятельствах.

По каждому варианту расчета определяется критический путь. Директивный срок строительства (плановый) принимается с небольшим коэффициентом запаса по отношению к срокам, определенным для условий «нормали строительных процессов». Величина стандартного (среднеквадратического отклонения) определяется по формуле

$$\sigma T_{ож} = \sqrt{\sum \sigma_{икр}^2}, \quad (4)$$

где $\sigma T_{ож}$ – среднеквадратическое отклонение продолжительности проекта; $\sigma_{икр}^2$ – дисперсии работ проекта, лежащих на критическом пути в сетевой модели.

Для сравнения вариантов организационно-технологических решений рассчитывают вероятности выполнения проектов в установленные сроки или сроки, при которых, учитывая условия производства и резервы времени, будет достигнут достаточно высокий уровень надежности реализации проекта (не ниже 0,9). При такой высокой надежности считают, что проект излишне зарезервирован. В то же время этот показатель удобен для сравнения разных вариантов.

Работоспособность данных подходов с сочетанием автоматизации календарного планирования и оценки рисков проекта продемонстрирована на примере организационно-технологического проектирования мостового перехода. Для отображения в рамках данной статьи принципиальных вопросов информационного моделирования примеры носят в определенной степени упрощенный (демонстрационный) характер.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА

Для анализа выбран один из типовых проектов мостовых переходов, построенных ООО «УСК-1». Он представлен металлическим неразрезным пролетным строением на четырех опорах (рисунок 1).

Русловые опоры (№2,3) представляют собой сборно-монолитные конструкции с опорой на ростверк. Пролетное строение представлено неразрезной металлической коробчатой балкой длиной 63 м. Габарит . Пролетное строение разбито поперек оси моста на блоки коробчатого сечения длиной 10,5 м, в продольном направлении оно состоит из трех монтажных блоков длиной 21 м, приближенных между собой по массе. Монтажные блоки состоят из двух блоков и объединяются между собой на высокопрочных болтах.

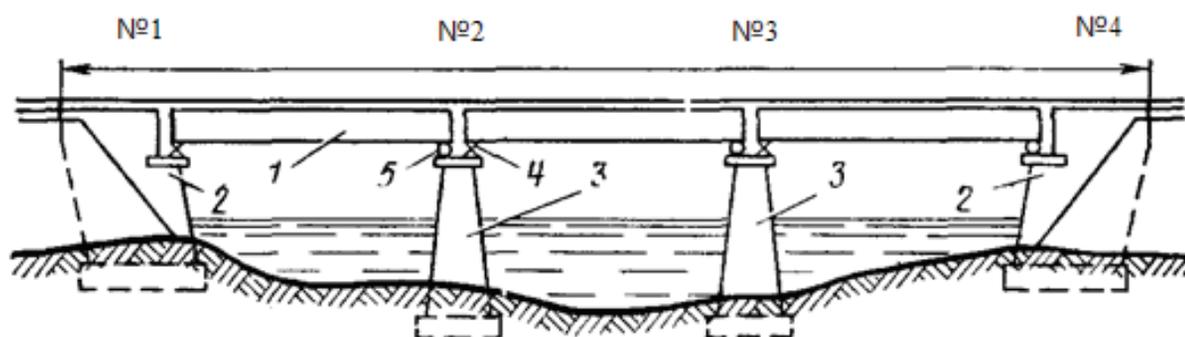


Рисунок 1 – Схема мостового перехода:
1 – пролетное строение; 2 – устои(№1, №4); 3 – быки (№2, №3); 4 – неподвижные опорные части; 5 – подвижные опорные части

Figure 1 – Bridge scheme:
1 – span structure; 2 – foundations (№1, №4); 3 – bulls (№2, №3); 4 – fixed supported parts; 5 – mobile bearing parts

Источник: техническая документация

ВАРИАНТЫ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

В статье рассматриваются варианты строительства, связанные с особенностями производства работ в летний и зимний строительные сезоны. Как показывает опыт мостостроения, назначение сезона для реализации проекта не позволяет сделать однозначного выбора. Решение может приниматься на основе многокритериальной оценки вариантов с учетом совокупности и значимости факторов в условиях определенной природной среды и конструктивных решений объекта. В примере будет дана оценка срокам строительства по вариантам при заданном уровне надежности.

Вариант 1 – летний сезон. Сооружение русловых опор предусмотрено с устройством стационарной площадки для кранов в виде понтонов КС – 63. Площадку из понтонов КС – 63 собирают на берегу, на стапеле, и после спуска доставляют по воде к месту опускания. Между собой понтоны соединяют, обеспечивая повышение водонепроницаемости их швов с помощью резиновых прокладок, устанавливаемых перед затягиванием соединительных болтов. Все понтоны объединяют между собой воздушной сетью, присоединяя к компрессору.

Монтаж среднего пролетного строения длиной 21 м (между 2-й и 3-й опорами) предусмотрен наплавным способом при высоком уровне перекачки, с использованием крана для сборки пролетного строения, а для транспортирования – речных плав средств.

Вариант 2 – зимний сезон. Предусматривается сооружение опоры со льда. Подготовительные работы включают в себя устройство

подъездных дорог, а также разработку льда и грунта до проектной отметки в районе котлована при помощи крана с грейфером, с дальнейшей отгрузкой разработанной породы в отвал автосамосвалами.

Монтаж моста ведется путем продольной надвигки с правого берега реки с укрупнением блоков на сборочном стапеле. Предусмотрено использование крана для сборки пролетного строения на насыпи подхода, а для надвигки – двух гидравлических домкратов.

Рассмотренные варианты отличаются друг от друга по всем признакам ввиду сезонных различий технологий строительства, а также ресурсов, используемых для сооружения котлована. Основной процесс возведения опор не имеет различий в использовании техники при бетонировании и выборе кранового оборудования.

Главным преимуществом первого летнего варианта являются меньшие сроки строительства и более экономное расходование ресурсов. Но при сооружении понадобятся плавсредства, которые арендуются у речного флота. Данное обстоятельство может повысить степень риска при производстве работ.

Устройство со льда потребует больше времени, но положительным фактором является наличие свободного неограниченного рабочего пространства.

Анализируя укрупненные технико-экономические показатели, приходим к следующим выводам: оба варианта (летний и зимний) имеют свои плюсы и минусы как по экономическим соображениям, так и по срокам строительства. Для принятия рационального решения использованы методы расчета календарных

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

графиков и имитационного моделирования в среде MS Project при статистической неопределенности параметров работ.

При подготовке исходных данных к расчету в программе MS Project выполнена структурная декомпозиция работ с разделением по участкам (фронтам) работ. Для определения ранних сроков начала работ с нормативной продолжительностью использована матрица с расчетом ранних сроков начала и окончания работ [12]. Установлены связи предшествования между работами. В MS Project в автоматизированном режиме с заданными исходными данными для каждого варианта выполнены расчеты графиков в виде диаграмм Ганта и сетевых графиков с определением критического пути, сроков строительства мостового перехода при разных схемах организации работ. На рисунках 1, 2 представлены укрупненные графики по вариантам с нормативной длительностью работ.

Критический путь в летнем варианте организации строительства (рисунок 2) проходит через работы 1.1–1.4; 2.1–2.4; 3.4; 4.4. В зим-

нем варианте (рисунок 3) к критическому пути относятся работы 1.1–1.4; 2.1–2.4; 3.4, 3.5; 4.4. При изменении структуры графиков, например за счет детализации по участкам (фронтам работ), критический путь может меняться, давая более точную оценку срокам строительства.

Для вероятностной оценки сроков реализации проекта по каждому варианту выполнялись расчеты еще с тремя показателями длительности работ: оптимистической, пессимистической и наиболее вероятной (математическое ожидание). В данной работе пессимистическая оценка продолжительности отдельных работ принята на 50% больше нормативной, оптимистическая – на 15% меньше, математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение рассчитывались для каждого вида работ соответственно по формулам (2) и (3) в программе Excel.

В таблице 1 представлены результаты расчетов общей продолжительности строительства мостового перехода по вариантам в программе MS Project с разными вероятностными сроками длительности отдельных работ

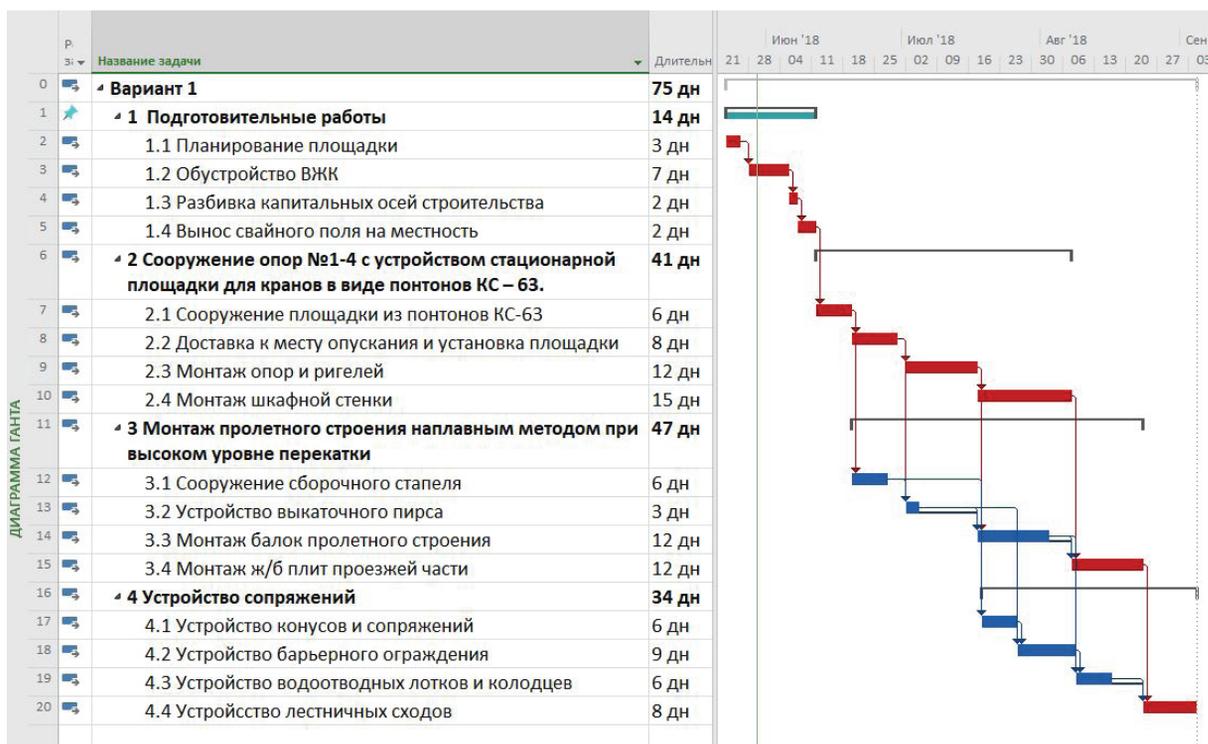


Рисунок 2 – График №1. Летний вариант

Figure 2 – Graph No. 1. Summer variant

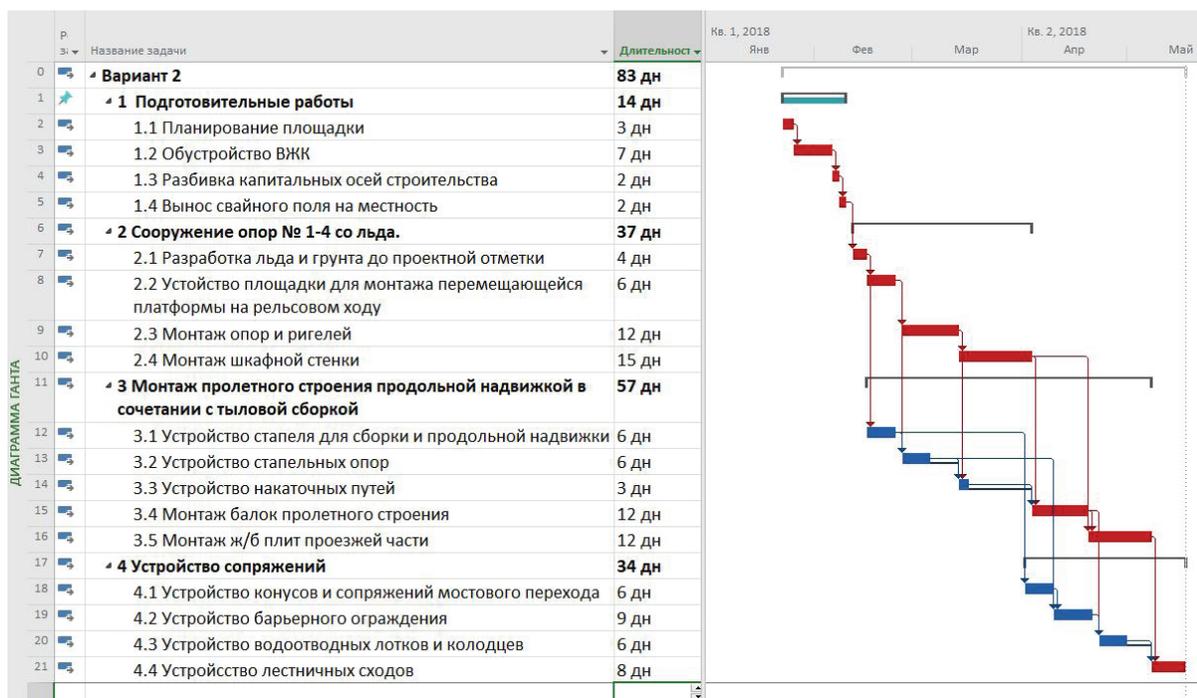


Рисунок 3 – График № 2. Зимний вариант

Figure 3 – Graph № 2. Winter variant

Источник: рисунки 2, 3 получены авторами по результатам проектирования графиков

ТАБЛИЦА 1
ПРОГНОЗ СРОКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСЧЕТА
В MS PROJECT ПРИ РАЗНЫХ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ОЦЕНКАХ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАБОТ
TABLE 1
FORECAST OF BRIDGE CONSTRUCTION TIMING BY RESULTS' CALCULATION
IN MS PROJECT FOR DIFFERENT PROBABILITY WORK DURATION

Тип вероятностной оценки длительности видов работ	Прогноз продолжительности проекта по вариантам, дни	
	летний сезон	зимний сезон
Оптимистическая	65,1	72,0
Пессимистическая	112,5	118,5
Нормативная	75,0	83,0
Математическое ожидание	84,0	92,8

Источник: составлено авторами в процессе имитационного моделирования в MS Project

Вероятность завершения проекта к определенному моменту времени, например $T_{дир}$, для нормального закона распределения рассчитывается согласно зависимости

$$P(T \leq T_{дир}) = 0,5 + \Phi(Z), \quad (5)$$

где $T_{дир}$ – заданный срок строительства по контракту с заказчиком, $\Phi(Z)$ – функция Лапласа, определяемая по таблице стандартного нормального распределения; Z аргумент функции Лапласа рассчитывают по формуле

$$Z = \frac{(T_{дир} - T_{\mu})}{\sigma T_{\mu}}. \quad (6)$$

Если принять $T_{дир}$ равным нормативной продолжительности строительства, увеличенной в контракте на страховой резерв в размере 10%, то вероятность завершения строительства в соответствии с контрактом составит для летнего варианта 35,3%, для зимнего варианта – 36,6%.

Используя таблицы стандартного нормального распределения, определим сроки вы-

полнения всего комплекса работ мостового перехода по вариантам строительства с вероятностью 90%. Для первого варианта (летний сезон) продолжительность с 90% обеспеченностью составила 89 дней, для 2-го варианта (зимний сезон) – 98 дней.

Опираясь на полученные данные можно сделать вывод, что при одинаковом уровне риска (10%) строительство мостового перехода в летний сезон можно осуществить в более короткие сроки. Однако вероятность завершения строительства в директивные сроки в зимнее время несколько выше. Эти данные будут полезны как для заказчика, так и для подрядчика при заключении контракта на строительство. Дополнительными критериями для принятия решения будут показатели стоимости по вариантам проекта, трудоемкости, энергоёмкости и др., которые повлияют на принятие окончательного решения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На основе проведенных исследований был разработан алгоритм действий для комплексного информационного моделирования строительных проектов в среде MS Project. Результатом моделирования является информация для выбора вариантов организационно-технологических решений в условиях статистической неопределенности временных параметров технологических процессов. Процесс моделирования предусматривает выполнение следующих операций:

1. Сформировать варианты организационно-технологических решений выполнения проекта строительства на основе проектной документации.
2. Структурировать проект на комплексы работ и рабочие процессы по участкам (фронтам работ).
3. Определить технологическую последовательность и способы выполнения рабочих процессов, установить связи предшествования между отдельными работами, детерминированные и случайные организационные отклонения.
4. Рассчитать нормативные сроки выполнения отдельных видов работ на основе ГЭСН, технологических карт и других нормативных документов.
5. При наличии информации о фактической продолжительности выполнения работ на объектах аналогах провести статистическую обработку данных.
5. Составить и рассчитать матрицы с ранними сроками начала работ на частных фрон-

тах методом критического пути (прямой путь сетевого графика).

6. В программе MS Project рассчитать календарные графики в виде диаграмм Ганта, сетевые графики с определением критических и подкритических путей, резервов времени с учетом положительных и отрицательных связей между работами. Расчеты выполнить для всех вариантов организации строительства по четырем оценкам длительностей работ.

7. Оценить ожидаемые сроки выполнения проекта с разным уровнем надежности, вероятность выполнения проекта в директивные сроки.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенный в статье комплексный подход раскрывает дополнительные возможности использования программы MS Project как для расчета сетевых графиков транспортных объектов, так и для вариантного проектирования организации строительства, расчета ресурсного обеспечения на протяжении жизненного цикла проекта, отслеживания хода работ.

Для оперативного управления ходом производства работ требуется принятие решений по регулированию процессов, а также оптимизация распределения и резервирования ресурсов на основе прогнозирования выполнения проекта. На решение этих и других вопросов организационного проектирования с применением информационного моделирования будут направлены дальнейшие исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. №2(5). С. 4–12.
2. Chavada R., Dawood N., Kassem M. Construction workspace management: the development and application of a novel nD planning approach and tool // J. Inform. Technol. Constr. (ITcon). 2012. Vol. 17. P. 213-236.
3. Ting W., Ying Y., Xiao L. The impact of BIM application to the project organizational process//3rd International Conference on Civil Engineering, Architecture and Building Materials. Jinan, 2013. No.357. Pp. 2524-2528.
4. Yildiz A.E., Dikmen I., Birgonul M.T., Ercoskun K., Alten S. A knowledge-based risk mapping tool for cost estimation of international construction projects // Automation in Construction. 2014. T. 43. С. 144-155.
5. Болотин С.А., Дадар А.Х., Птухина И.С.

Имитация календарного планирования в программах информационного моделирования зданий и регрессионная детализация норм продолжительностей строительства // Инженерно-строительный журнал. 2011. №7. С. 82–86.

6. Бовтеев С.В., Канюкова С.В. Развитие методики контроля сроков инвестиционно-строительного проекта // Инженерно-строительный журнал. 2016. №2(62). С. 102–112.

7. Бовтеев С.В., Терентьева Е.В. Управление сроками строительного проекта // Управление проектами и программами. 2014. № 2 (38). С. 158–173.

8. Мальцев, Ю.А. Экономико-математические методы проектирования транспортных сооружений. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 320 с.

9. Захаров А.С. Методология проектирования на основе использования Microsoft office Project // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2011. № 3. С. 86–95.

10. Курченко Н.С., Алексейцев А.В., Галкин С.С. Методика определения продолжительности строительства на основе эволюционного моделирования с учетом случайных организационных ожиданий // Вестник МГСУ. 2016. № 10. С. 120–130.

11. Щербатов И.А. Классификация неопределенностей в задачах моделирования и управления сложными слабоформализуемыми системами // Информационные технологии Вестник СГТУ. 2013. №1 (69). С. 175–179.

12. Болотин С. А. Организация строительного производства: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведения / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 208 с.

13. Птухин И.А., Морозова Т.Ф., Ракова К.М. Формирование ответственности участников строительства за нарушение календарных сроков выполнения работ по методу PERT // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 3 (18). С. 57–71.

14. Vynum P., Issa R., Olbina S. Building information modeling in support of sustainable design and construction // Journal of Construction Engineering and Management. 2013. Vol. 139(1). Pp. 24–34.

15. Олейникова С.А. Критический анализ метода PERT решения задачи управления проектами со случайной длительностью выполнения работ // Системы управления и информационные технологии. 2013. Т. 51. №1. С. 20–24.

16. Hajdu M., Bokor O. Sensitivity analysis in Pert networks: does activity duration distribution matter? // Automation in Construction. 2016. Т. 65. С. 1–8.

17. Hajdu M. Effects of the application of activity calendars on the distribution of project duration in PERT networks // Automation in Construction. 2013. Т. 35. С. 397–404.

18. Kalugin Yu.B. Universal method for calculation of reliable completion times. Magazine of Civil Engineering. 2016. No. 7. Pp. 70–80.

19. Боброва, Т.В. Проектно-ориентированное управление производством работ на региональной сети автомобильных дорог: монография. Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. 334 с.

20. Абдуллаев Г.И. Оценка уровня надежности с учетом организационно-технологических параметров строительства // Инженерно-строительный журнал, №8, 2009, С. 62–64.

21. Абдуллаев Г.И. Основные направления повышения надежности строительных процессов // Инженерно-строительный журнал. №4. 2010. С. 59–60.

22. Haga W., O'Keefe T. Crashing PERT networks: A simulation approach // Proc. of the 4th International conference of the Academy of Business and Administrative Sciences Conference. Quebec City, Canada. 2001.

23. Руководство по техническому нормированию труда рабочих в строительстве. М.: Стройиздат, 1977, 47 с.

24. Величкин В.З. Управление и надежность реализации строительных программ / В.З. Величкин. // Инженерно-строительный журнал, №7, 2014. С. 74–79.

25. Абдуллаев Г.И., Величкин В.З. Солдатенко Т.Н. Повышение организационно-технологической надежности строительства линейно-протяженных сооружений методом прогнозирования отказов // Инженерно-строительный журнал. 2013. №3. С. 43–50.

REFERENCES

1. Skvorcov A.V. Trudnosti perekhoda ot avtomatizirovannogo proektirovaniya k informacionnomu modelirovaniyu dorog. [Difficultie of transition from computer-aided design to information modeling of roads]. *SAPR i GIS avtomobil'nyh dorog*, 2015, no. 2(5), pp. 4–12.

2. Chavada R., Dawood N., Kassem M. Construction workspace management: the development and application of a novel nD planning approach and tool. *J. Inform. Technol. Constr. (IT-con)*. 2012. Vol. 17. pp. 213–236.

3. Ting W., Ying Y., Xiao L. The impact of BIM application to the project organizational pro-

cess//3rd International Conference on Civil Engineering, Architecture and Building Materials. Jinan, 2013. No.357. Pp. 2524-2528.

4. Yildiz A.E., Dikmen I., Birgonul M.T., Ercoşkun K., Alten S. A knowledge-based risk mapping tool for cost estimation of international construction projects. *Automation in Construction*, 2014, T. 43. pp. 144-155.

5. Bolotin S.A., Dadar A.H., I.S. Ptuhina Imitatsiya kalendarnogo planirovaniya v programmah informacionnogo modelirovaniya zdaniy i regressionnaya detalizatsiya norm prodolzhitel'nostej stroitel'stva. [Simulation of scheduling in the programs of building information modeling and regression detailing of building duration standards]. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*, no. 7, 2011. pp. 82-86.

6. Bovteev S.V., Kanyukova S.V. Razvitiye metodiki kontrolya srokov investicionno-stroitel'nogo proekta [Development of methods for monitoring the timing of the investment and construction project]. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*, 2016, no 2(62). pp. 102-112.

7. Bovteev S.V., Terent'eva E.V. Upravlenie srokami stroitel'nogo proekta [Timetable management of the construction project]. *Upravlenie proektami i programmami*, 2014, no. 2 (38). pp. 158–173.

8. Mal'cev YU.A. *Ekonomiko-matematicheskie metody proektirovaniya transportnyh sooruzhenij* [Economic and mathematical methods of transport structures designing]. Moscow, Izdatel'skij centr «Akademiya», 2010. 320 p.

9. Zaharov A.S. Metodologiya proektirovaniya na osnove ispol'zovaniya Microsoft office Project [Design methodology based on Microsoft Office Project]. *Vestnik rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Informatizatsiya obrazovaniya*, 2011, no 3. pp. 86–95.

10. Kurchenko N.S., Alekseycev A.V., Galkin S.S. Metodika opredeleniya prodolzhitel'nosti stroitel'stva na osnove ehvolyucionnogo modelirovaniya s uchetom sluchajnyh organizatsionnyh ozhidaniy [Method for determining the duration of construction on the basis of evolutionary modeling, taking into account random organizational expectations]. *Vestnik MGSU*, 2016, no 10. pp. 120–130.

11. Shcherbatov I.A. Klassifikatsiya neopredelennostej v zadachah modelirovaniya i upravleniya slozhnymi slaboformalizuemymi sistemami [Classification of uncertainties in problems of modeling and control of complex weakly formalizable systems]. *Informacionnye tekhnologii Vestnik SGTU*, 2013, no 1 (69). pp 175-179.

12. Bolotin S.A., Vihrov A.N. *Organizatsiya*

stroitel'nogo proizvodstva: ucheb, posobie dlya stud. vyssh. ucheb, zavedenij [Organization of construction]. Moscow, Izdatel'skij centr «Akademiya», 2007. 208 p.

13. Ptuhin I.A., Morozova T.F., Rakova K.M. Formirovanie otvetstvennosti uchastnikov stroitel'stva za narushenie kalendarnykh srokov vypolneniya rabot po metodu PERT [Formation of responsibility of the construction participants for violation of the calendar terms of the works performed by the PERT method]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenij*, 2014, no 3 (18), pp. 57–71.

14. Bynum P., Issa R., Olbina S. Building information modeling in support of sustainable design and construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2013. Vol. 139(1). Pp. 24-34.

15. Olejnikova S.A. Kriticheskij analiz metoda PERT resheniya zadachi upravleniya proektami so sluchajnoj dlitel'nost'yu vypolneniya rabot [Critical analysis of the PERT method for solving the project management task with a random duration of work execution]. *Sistemy upravleniya i informacionnye tekhnologii*, 2013. T. 51. no 1. pp. 20-24.

16. Hajdu M., Bokor O. Sensitivity analysis in Pert networks: does activity duration distribution matter? *Automation in Construction*, 2016, T. 65. pp. 1-8.

17. Hajdu M. Effects of the application of activity calendars on the distribution of project duration in PERT networks. *Automation in Construction*. 2013. T. 35. pp. 397-404.

18. Kalugin Yu.B. Universal method for calculation of reliable completion times. *Magazine of Civil Engineering*. 2016. No. 7. Pp. 70–80.

19. Bobrova T.V. *Proektno-orientirovannoe upravlenie proizvodstvom rabot na regional'noj seti avtomobil'nykh dorog* [Project-oriented management of the production of works on the regional network of highways]. Omsk: Izd-vo SibADI, 2006. 334 p.

20. Abdullaev G.I. Ocenka urovnya nadezhnosti s uchetom organizatsionno-tekhnologicheskikh parametrov stroitel'stva [Assessment of the level of reliability taking into account the organizational and technological parameters of construction]. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*, 2009, no 8, pp.62-64.

21. Abdullaev G.I. Osnovnye napravleniya povysheniya nadezhnosti stroitel'nykh processov [Main directions of increasing the reliability of construction processes]. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*, no 4, 2010, pp.59-60.

22. Haga W., O'Keefe T. Crashing PERT net-

works: A simulation approach // Proc. of the 4th International conference of the Academy of Business and Administrative Sciences Conference. Quebec City, Canada. 2001.

23. Rukovodstvo po tekhnicheskomu normirovaniyu truda rabochih v stroitel'stve. [Guide to the technical regulation of labor in the construction industry]. Moscow, Strojizdat, 1977, 47 p.

24. Velichkin.V.Z. Upravlenie i nadezhnost' realizacii stroitel'nyh program [Management and reliability implementation of construction programs]. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*, no 7, 2014. pp. 74-79.

25. Abdulaev G.I., Velichkin V.Z. Soldatenko T.N. Povyshenie organizacionno-tekhnologicheskoy nadezhnosti stroitel'stva linejno-protyazhennyh sooruzhenij metodom prognozirovaniya otkazov [Increase of organizational and technological reliability of construction of linear-extended structures by the method of failure prediction]. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*, 2013, no 3. pp. 43-50.

Поступила 19.04.2018, принята к публикации 25.06.2018.

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

Боброва Татьяна Викторовна (г. Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Экономика и проектное управление в транспортном строительстве» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира,5, e-mail: bobrova.tv@gmail.com).

Ратанин Максим Сергеевич, магистрант, ИМА, СМ16-МА5 ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира,5, e-mail: maximratanin@yandex.ru).

Тимофеева Елена Павловна, магистрант, ИМА, СМ16-МА5 ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира,5, e-mail: Elena-Zotov_9401@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Bobrova Tatiyna Victorovna (Omsk, Russia) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Economics and Project Management in Transport Construction Department, Siberian State Automobile and Highway University (644080, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: bobrova.tv@gmail.com).

Ratanin, M.S. – Master of Science, Siberian State Automobile and Highway University (644080, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: maximratanin@yandex.ru).

Timofeeva, E.P. – Master of Science, Siberian State Automobile and Highway University (644080, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: Elena-Zotov_9401@mail.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Боброва Т.В. Формулирование цели, метод исследования, анализ источников, алгоритм расчета, редактирование и оформление статьи.

Ратанин М.С. Разработка графиков строительства, расчеты в MS Project.

Тимофеева Е.П. Разработка графиков строительства, расчеты в MS Project.

AUTHOR CONTRIBUTION

Bobrova T.V. Aim formulation, research method, source analysis, calculation algorithm, article editing and design.

Ratanin, M.S. Development of construction schedules, calculations in MS Project.

Timofeeva, E.P. Development of construction schedules, calculations in MS Project.

УДК 624.072.21.012.4.046

О ПОПЕРЕЧНОЙ СИЛЕ, ВОСПРИНИМАЕМОЙ БЕТОНОМ В НАКЛОННОМ СЕЧЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ю.В. Краснощеков
ФГБОУ ВО «СибАДИ»,
г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Приведены результаты анализа эмпирической зависимости поперечной силы, воспринимаемой бетоном в наклонном сечении железобетонных элементов.

Материалы и методы. Длительный опыт применения этой зависимости при проектировании железобетонных конструкций свидетельствует о высокой надежности расчетных параметров, информация о которых может быть использована в новой расчетной модели, учитывающей совместное действие поперечных сил и изгибающих моментов.

Результаты. Анализ эмпирической зависимости, используемой в нормах проектирования, позволил получить сведения о предельном значении касательных напряжений в сжатой зоне бетона наклонного сечения и их соотношении с нормальными напряжениями. Результаты анализа проверены на компьютерных моделях балки с применением конечных элементов. Показано, что сопротивление сдвигу связано зависимостью с сопротивлением сжатию посредством специального коэффициента, который можно определить путем компьютерного моделирования.

Обсуждение и заключение. Расчетные значения параметров наклонного сечения железобетонных элементов при поперечном изгибе можно уточнять опытным путем или компьютерным моделированием.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: прочность железобетона, наклонное сечение, поперечная сила, момент, обобщенная расчетная модель, сопротивление бетона сдвигу.

© Ю.В. Краснощеков, 2018



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

LATERAL FORCE PERCEIVED BY CONCRETE IN THE INCLINED SECTION OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

Y.V. Krasnoshchekov

Siberian State Automobile and Highway University

ABSTRACT

Introduction. *The article presents results of the empirical dependence analysis of transverse force in the inclined section of reinforced concrete elements.*

Materials and methods. *Long-term application of such dependence at the reinforced concrete design demonstrates high parameters' reliability. Thus, analyzed information could be used in innovated calculation model, which includes joint action of cross forces and bending moments.*

Results. *The analysis of empirical dependence by the design standards seems to obtain information about the limit value of shear stresses in the compressed zone of inclined concrete and their interrelations with normal stresses. The results of the analysis were tested on computer models of the beam using finite elements. It does, however, assume that the shear resistance is specifically related to compression resistance by means of a special coefficient, which could be determined by computer simulation.*

Discussion and conclusions. *The calculated values of the inclined section of reinforced concrete elements in the transverse bending could be specified by experimental or computer modeling.*

KEYWORDS: *concrete strength, sloping section, shear force, moment, generalized analysis model, concrete shear resistance.*

© Y.V. Krasnoshchekov, 2018



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

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Расчет прочности железобетонных элементов по наклонным сечениям выполняется отдельно на действие поперечных сил и изгибающих моментов, в то время как напряженное состояние в общем случае определяется совместным действием этих усилий. Разработка обобщенной модели расчета – актуальная задача.

2. В результате анализа нормативной модели расчета прочности изгибаемых элементов на действие поперечной силы получена информация, использование которой может ускорить практическую реализацию обобщенной модели в предельном состоянии.

3. Путем компьютерного моделирования балок в конечных элементах проверена работа обобщенной модели в различных условиях нагружения.

ВВЕДЕНИЕ

При поперечном изгибе напряженное состояние железобетонных элементов в общем случае определяется совместным действием изгибающих моментов M и перерезывающих сил Q . Однако расчёт прочности изначально ведётся отдельно на действие этих усилий. В России предпочтение отдают расчетным моделям метода сечений, наиболее удобному способу определения внутренних силовых факторов. В Европе и Америке при расчете на действие поперечных сил используют также альтернативные стержневые модели, основанные на ферменной аналогии (модель «тяжи и распорки») [1, 2].

Обоснованием расчета на раздельное действие изгибающих моментов и поперечных сил являются два возможных случая разрушения изгибаемых железобетонных элементов. При преобладающем действии моментов и продольных сил разрушение сопровождается образованием и развитием нормальных, а иногда и наклонных (косых) трещин с последующим раздроблением сжатой зоны бетона над трещинами или разрывом растянутой арматуры, пересекающей трещины. Разрушение от действия поперечных сил, как установлено многочисленными опытами, происходит по наклонному сечению, проходящему по наклонной трещине с разрушением бетона над трещиной, сопровождаемое срезом сжатой зоны. Общим в этих видах разрушения является образование и развитие трещин с последующим разрушением бетона сжатой зоны.

Ещё в 1978 г. задача влияния моментов

на несущую способность по наклонным сечениям, оцениваемую предельной поперечной силой, рассматривалась как первостепенная, требующая скорейшего разрешения на основе совместного учёта уравнений равновесия поперечных сил и моментов в наклонном сечении [3]. Тем не менее авторы последней редакции норм проектирования железобетонных конструкций были вынуждены признать, что, несмотря на многочисленные исследования в этой области, предлагаемые методы расчёта прочности железобетонных элементов при действии поперечных сил ещё не достигли такого уровня, чтобы могли быть приняты в качестве нормативных [4]. Очевидно поэтому в действующих нормах проектирования железобетонных конструкций (СНиП 52-01-2003 и СП 63.13330.2012), в отличие от СНиП 2.03.01-84*, приняты разные расчётные схемы для Q и M , что подчёркивает ориентацию составителей норм на раздельный учёт усилий при расчёте прочности наклонных сечений и затрудняет переход к обобщённому расчёту. По нашему мнению, исследования по совершенствованию нормативных методов расчета несущей способности при поперечном изгибе актуальны, учитывая активизацию по внедрению в России далеко не идеальных европейских норм проектирования железобетонных конструкций, которыми также предусмотрен расчет на раздельное действие поперечных сил и изгибающих моментов.

В работе [5] предложена обобщенная модель расчета прочности железобетонных элементов по наклонному сечению. В работе [6] предлагаемая расчетная модель подтверждена результатами экспериментальных исследований. Однако предложенная модель требует более тщательного теоретического анализа и обоснования. С этой целью в данной статье приведены результаты критического анализа нормативной модели предельной поперечной силы, воспринимаемой бетоном, которая длительное время применяется при проектировании железобетонных конструкций зданий и сооружений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим особенности современного расчёта прочности по наклонным сечениям на основе метода предельных состояний, принятого в отечественных нормах проектирования.

Прочность железобетонных элементов по наклонным сечениям определяют из условий, по которым расчётные усилия Q и M от внешних нагрузок, действующих в наклонном

сечении с длиной горизонтальной проекции c , должны быть меньше или равны внутренним предельным расчётным усилиям Q_{ult} и M_{ult} в этом сечении, т.е.

$$Q \leq Q_{ult} \text{ или } Q/Q_{ult} \leq 1, \quad (1)$$

$$M \leq M_{ult} \text{ или } M/M_{ult} \leq 1. \quad (2)$$

Расчетная схема усилий в общем случае представлена на рисунке 1.

Составляющие предельного значения $Q_{ult} = Q_b + Q_{sw}$: поперечная сила Q_b , воспринимаемая бетоном и поперечная сила Q_{sw} , воспринимаемая поперечной арматурой в наклонном сечении шириной b и рабочей высотой h_0 .

Величина Q_b в настоящее время определяется по эмпирической формуле в зависимости от расчётного сопротивления бетона растяжению R_{bt}

$$Q_b = 1,5R_{bt}bh_0^2 / c, \quad (3)$$

где c – длина проекции наклонного сечения на ось балки, равная расстоянию между точками пересечения сечением растянутой арматуры и крайнего сжатого волокна (рисунок 2).

Численный коэффициент в формуле (3) принимают не более 2,5 и не менее 0,5.

Отметим разные длины проекции наклонного сечения при расчете на действие поперечной силы и момента (см. рисунки 1 и 2). Это различие вносит в расчет некоторую неопределенность, связанную с положением расчетного сечения.

В последней редакции норм проектирования допускается производить расчет по поперечной силе $Q = Q_1$, действующей в нормальном сечении, и значении $Q_b = Q_{b1} = 0,5R_{bt}bh_0$, т.е. при минимальном значении Q_b и $c = h_0$. Учитываются также особенности расчета сечений вблизи опор на расстоянии менее $2,5h_0$ с увеличением Q_{b1} до максимального значения 2,5 численного коэффициента. Отмеченные особенности нормативного определения поперечной силы Q_b , воспринимаемой бетоном, свидетельствуют о существенном влиянии на прочность железобетонных элементов по поперечной силе расположения и размеров наклонного сечения.

Составляющие предельного значения $M_{ult} = M_s + M_{sw}$: момент, воспринимаемый сечением, пересекающим растянутую арматуру с расчетным усилием N_s , и определяемый по формуле

$$M_s = N_s z, \quad (4)$$

и момент M_{sw} , воспринимаемый поперечной арматурой в наклонном сечении, который определяется по формуле

$$M_{sw} = 0,5Q_{sw}c. \quad (5)$$

Плечо усилия N_s и равнодействующей усилий в сжатой зоне бетона N_b , определяющих момент M_s , допускается принимать приближённо $z = 0,9h_0$.

При отсутствии поперечной силы в расчетных формулах принимается $Q_{sw} = 0$.

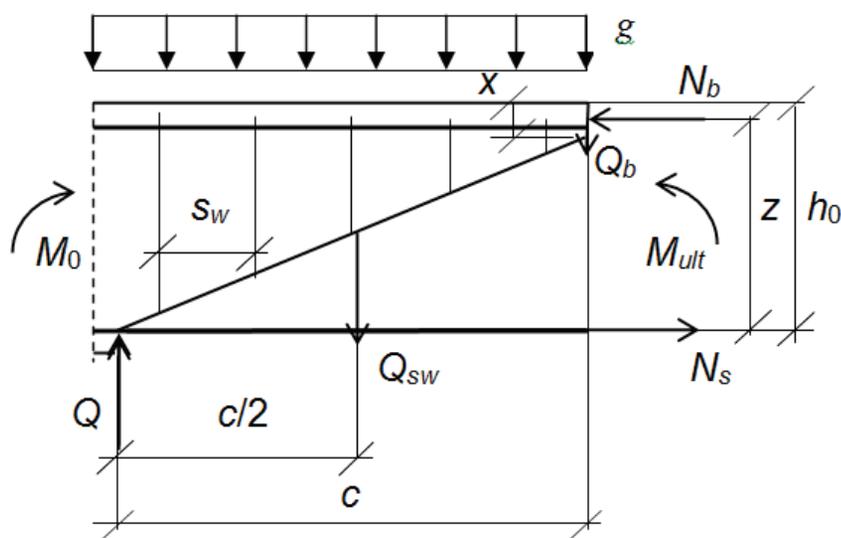


Рисунок 1 – Схема усилий в наклонном сечении

Figure 1 – Scheme of forces in inclined section

РЕЗУЛЬТАТЫ

В работе [7] проф. А.А. Гвоздев отмечал, что подход к расчету на раздельное действие изгибающих моментов M и поперечных сил Q основан на двух возможных случаях разрушения изгибаемых элементов: «изломом по кривой трещине от действия изгибающих моментов и (условно) срезом сжатой зоны от действия поперечных сил». Не вдаваясь в детали вопроса о разрушении балок от среза сжатой зоны, А.А. Гвоздев обращал внимание на хрупкий характер разрушения по второму случаю и возможность оценки прочности бетона сжатой зоны эмпирической формулой в виде

$$Q_b = 0,15R_u b h_0 \operatorname{tg} \alpha, \quad (6)$$

где Q_b – предельная величина поперечной силы, воспринимаемая бетоном сжатой зоны; $R_u \approx 1,25R_b$ – сопротивление бетона сжатию при изгибе; b , h_0 – ширина и рабочая высота прямоугольного сечения; α – угол наклона кривой трещины к продольной оси балки.

Формула (6) была получена М.С. Боришанским по результатам испытаний балок прямоугольного сечения без поперечного армирования, согласно которым величина Q_b зависит главным образом от размеров сечения, прочности бетона и направления кривой трещины [8]. Учитывая, что по схеме М.С. Боришанского $\operatorname{tg} \alpha = h_0/c$ (как и по действующим нормам проектирования), формула (6) представлялась обычно в виде

$$Q_b = 0,15R_u b h_0^2 / c, \quad (7)$$

где c – длина проекции кривой трещины на ось балки, равная расстоянию между точками пересечения трещиной растянутой арматуры и крайнего сжатого волокна сечения (см. рисунок 2).

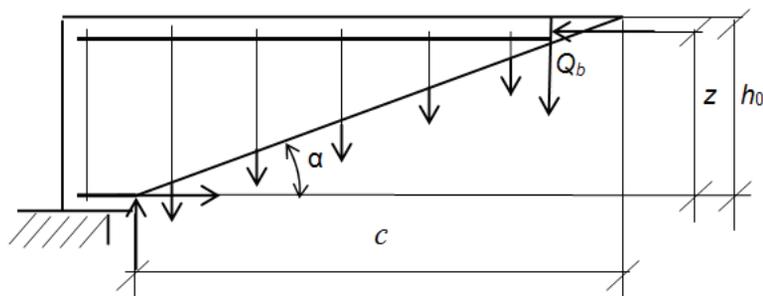


Рисунок 2 – Схема усилий в наклонном сечении по М.С. Боришанскому [9]

Figure 2 – Scheme of forces in the inclined section by M. S. Borishansky [9]

М.С. Боришанский отмечал, что величина Q_b является вертикальной проекцией усилия от главных сжимающих напряжений в бетоне. Она зависит также от напряжений в продольной арматуре, величины предварительного напряжения, размеров площадки приложения внешней нагрузки, отношения M/Q и т.д. Однако для упрощения расчетной формулы влияние этих факторов не учитывается [9]. На схеме М.С. Боришанского сжатая зона бетона с расчетным усилием Q_b не имеет конкретной привязки к наклонному сечению.

М.С. Боришанский отмечал, что величина Q_b является вертикальной проекцией усилия от главных сжимающих напряжений в бетоне. Она зависит также от напряжений в продольной арматуре, величины предварительного напряжения, размеров площадки приложения внешней нагрузки, отношения M/Q и т.д. Однако для упрощения расчетной формулы влияние этих факторов не учитывается [9]. На схеме М.С. Боришанского сжатая зона бетона с расчетным усилием Q_b не имеет конкретной привязки к наклонному сечению.

В работе [3] отмечено, что величина Q_b по существу включает в себя поперечную силу, воспринимаемую бетоном над наклонной трещиной, поэтому с известным приближением зависимость (7) была перенесена на элементы с поперечным армированием.

Уточняя физический смысл зависимости (6), О.Я. Берг отмечал, что разрушение бетона в сжатой зоне происходит от поперечного разрыва бетона под действием усилия, равного геометрической сумме сжимающего усилия от действия изгибающего момента M_b в расчетном сечении и поперечной силы Q_b , т.е. равнодействующей двух сил [10]. При этом $\operatorname{tg} \alpha = Q_b z / M_b$ и, по мнению О.Я. Берга, условия разрушения сжатой зоны бетона получают физическое объяснение (рисунок 3). Он считал, что, исходя из такого подхода, может быть по-

лучена более общая формула прочности бетона, по отношению к которой зависимость (7) является частным случаем.

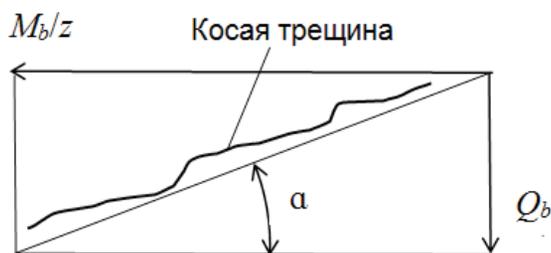


Рисунок 3 – Схема усилий в наклонном сечении по О.Я. Бергу [10]

Figure 3 – Scheme of forces in the inclined section by O. J. Berg [10]

Учитывая замечание О.Я. Берга, подставим в уравнение (6) полученное выражение $tg\alpha$. Заменяем также h_0 на параметр высоты сжатой зоны x/ξ и учтем, что с учетом пластических деформаций бетона прочность нормального сечения, проходящего через вершину косой трещины, определяется моментом $M_b = R_{bt}bxz$. Выполним преобразование и получим, что формула М.С. Боришанского действительно соответствует частному случаю относительной высоты сжатой зоны $\xi = 0,15Q_bR_{bt}bxz/Q_bM_b = 0,15$. Несложно заметить, что при $\xi > 0,15$ формула (7) обеспечивает определенный запас прочности наклонного сечения. При $\xi < 0,15$, наоборот, расчетная формула (7) завышает прочность наклонных сечений. Казалось бы при этом надежность изгибаемых элементов должна снижаться, однако практика не подтверждает данный факт. Объяснением повышенной надежности могут быть результаты экспериментально-теоретических исследований прочности бетона сжатых зон изгибаемых элементов, приведенные в работе [11], свидетельствующие о значительном увеличении прочности бетона при $\xi \leq 0,15$ вследствие влияния масштабного фактора. В частности, экспериментально подтверждено, что при $\xi = 0,15$ прочность бетона сжатой зоны больше призмической прочности почти в 1,5 раза.

Однако рекомендации О.Я. Берга развития не получили и поиски общего решения затянулись. Длительное время проводили экспериментальные и теоретические исследования, направленные на совершенствование метода расчета прочности железобетонных элементов по наклонным сечениям в основном путем детализации и усложнения теоретических моделей. Оценивали влияние сил зацепления по берегам наклонной трещины, выявляли ра-

боту арматуры на срез (нагельный эффект), предпринимали попытки создания новых теорий, однако обобщение получаемых результатов не приводило к обобщенной расчетной модели [12,13,14,15,16,17,18].

Осторожное упоминание А.А. Гвоздевым о возможном разрушении сжатой зоны бетона срезом не осталось без внимания исследователей [19,20,21]. По мнению большинства из них, ключевым параметром для расчетной оценки величины Q_b является предельное значение касательных напряжений τ_{ult} , которое иногда отождествляется с сопротивлением бетона срезам (сдвигу) $R_{b,sh}$. Этот параметр не нормируется (по причине малой востребованности) и вероятно поэтому недостаточно изучен.

Покажем, что в эмпирической формуле (2) заложена полезная информация об этом параметре. Поскольку позднее из соображений унификации отказались от параметра R_{bt} и заменили его призмической прочностью R_b , то представим выражение (2) в виде

$$Q_b = 0,15R_bbxh_0/c\xi \quad (8)$$

с параметром высоты сжатой зоны x/ξ , которая подвергается срезам от действия поперечной силы.

Обращаем внимание, что нормативная зависимость (3) по существу является аналогом формулы М.С. Боришанского (7), учитывая $R_{bt} \approx 0,1R_b$. В свое время переход к сопротивлениям бетона растяжению объяснялся тем, что в данном случае прочность бетона на растяжение «физически более ясно отражает существо явления» [3]. Весьма спорное утверждение, учитывая, что речь идет о сжатой зоне изгибаемых элементов. Тем более что в зарубежных нормах проектирования при расчете на поперечную силу отдается предпочтение расчетным сопротивлениям бетона сжатию.

Так как группа параметров R_bbx в выражении (8) соответствует прочности сжатой зоны бетона от действия изгибающего момента N_b , то величину

$$k_Q = 0,15h_0/c\xi \quad (9)$$

можно рассматривать как коэффициент перехода от прочности на сжатие к прочности на срез, т.е. $R_{b,sh} = k_Q R_b$.

Эмпирический коэффициент 0,15 при этом можно рассматривать как коэффициент внутреннего трения, который в совокупности со сжимающим напряжением $\sigma = R_b$ характеризу-

ет предельное значение касательных напряжений τ_{ult} или сопротивление срезу $R_{b,sh}$ бетона сжатой зоны с геометрическими параметрами, представленными в формуле (7). Обнаружен поразительный эффект: при малой высоте сжатой зоны ($\xi < 0,15$) сопротивление бетона срезу может превышать сопротивление сжатию. Теперь понятна причина осторожности А.А. Гвоздева, ведь согласно справочным данным и в большинстве учебников рекомендуется принимать расчетные значения сопротивления бетона срезу по эмпирической зависимости $R_{b,sh} = (0,5...0,7) \cdot \sqrt{R_b R_b} = k_Q R_b \approx 0,2 R_b$ или в виде удвоенного сопротивления бетона растяжению R_{bt} [19, 22]. Возможно ли такое, не в этом ли причина «проклятого» вопроса теории железобетона?

Кстати, по нормам проектирования железобетонных конструкций разных стран расчет на совместное действие поперечной и нормальной сил в настоящее время выполняется при условии $s = h_0$ с учетом коэффициента трения 0,15, на который умножаются нормальные напряжения от усилий сжатия [1, 2, 22].

Разрушение материалов путем среза хорошо оценивает теория Мора, которая является обобщением теории максимальных касательных напряжений. По огибающей линии к кругам Мора можно определить предельную величину касательных напряжений τ_{ult} . На рисунке 4 показано, что для предельных величин τ_{ult} возможны значения от $0,15R$ (чистый срез при $\sigma = 0$) до $0,5R$ (при $\sigma = 0,5R$), а при линейной зависимости σ - τ значения τ_{ult} могут быть ещё больше. Отсюда, учитывая, что $R_b \approx 0,8R$, реальными являются теоретические значения коэффициента $k_Q \approx 0,2 - 0,6$.

Итак, в общем случае сжатая зона бетона изгибаемых элементов находится в сложном напряженном состоянии под действием нормальных напряжений σ , влияющих через условный коэффициент трения на величину касательных напряжений τ и характер разрушения. Н.М. Беляев привел формулу по оценке этого коэффициента и отмечал его зависимость от положения площадки чистого среза [20].

По мнению О.Я. Берга, величина касательных напряжений не является критерием прочности бетона и не может служить характеристикой наступления предельного состояния бетона [10]. Ссылаясь на специальные опыты Смита и Брауна, он показал, что при одноосном сжатии бетона справедливо отношение $\tau_{max}/\sigma_{max} = 0,5$. При боковом обжатии это отношение снижается, т.е. значение τ_{max} меняется

с изменением напряженного состояния, в том числе и перед разрушением [24]. В результате опытов получены величины наибольших касательных напряжений при одноосном сжатии, во много раз превышающие значения сопротивлений срезу, которые обычно принимаются для бетона. Явное противоречие между величинами наибольших касательных напряжений, возникающих при одноосном сжатии, и величинами сопротивления срезу, которые определяли в опытах на чистый срез. По мнению О.Я. Берга, действительное сопротивление срезу может превышать по абсолютному значению даже призмную прочность. Замечено также, что в опытах на чистый срез разрушение фактически происходит не по исследуемой плоскости среза, а по наклонным поверхностям.

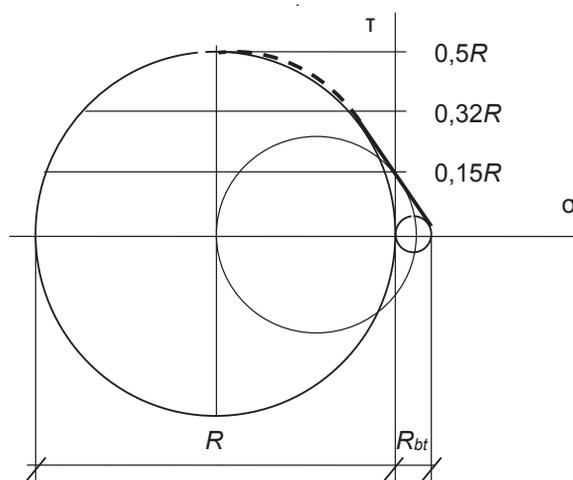


Рисунок 4. – Схема предельных напряжений по кругам Мора

Figure 4 – Diagram of limit stresses by Mohr circles

Итак, эмпирический коэффициент 0,15 в расчетной формуле Q_b по существу является коэффициентом внутреннего трения $k_Q = Q_b/N_b$, который можно представить в виде отношения касательных и нормальных напряжений $k_Q = \tau/\sigma$.

При отсутствии опытных данных коэффициент k_Q достаточно просто можно определить путем компьютерного моделирования. Компьютерная модель статически определимой балки на двух опорах выполнена в ПК «Лира». Предварительно балка пролетом 1 м, шириной $b = 0,1$ м и высотой $h_0 = 0,1$ м была рассчитана на действие сосредоточенной силы 20 кН, приложенной в середине пролета. Полученную в результате расчета прочности по нормальному сечению продольную арматуру $\varnothing 16$ мм класса А 500 учитывали на всех эта-

пах испытания (расчета). На каждом этапе балку загружали двумя сосредоточенными силами по 10 кН, расположенными на одинаковых расстояниях от опор $s = nh_0$. Рассматривали 10 вариантов $n = 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0$ и $4,5$, при которых значения опорных реакций были одинаковыми и равными 10 кН. Расчет при каждом варианте нагружения выполняли с условными значениями относительной высоты сжатой зоны $\xi = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4$ и $0,5$ нормального сечения под внешней нагрузкой. Трещины в нормальных сечениях моделировали путем удаления конечных элементов бетона условной растянутой зоны. Расчет выполнен в упругой стадии деформирования при нагрузке сверху и понизу.

При моделировании бетона условного класса В20 применены универсальные пластинчатые четырехузловые конечные элементы КЭ-21. Модель балки вдоль пролета и по высоте расчленили на конечными элементами 1×1 см толщиной 10 см. Арматуру моделировали стержневыми конечными элементами длиной по 1 см.

Модель опытной балки из конечных элементов показана на рисунке 5.

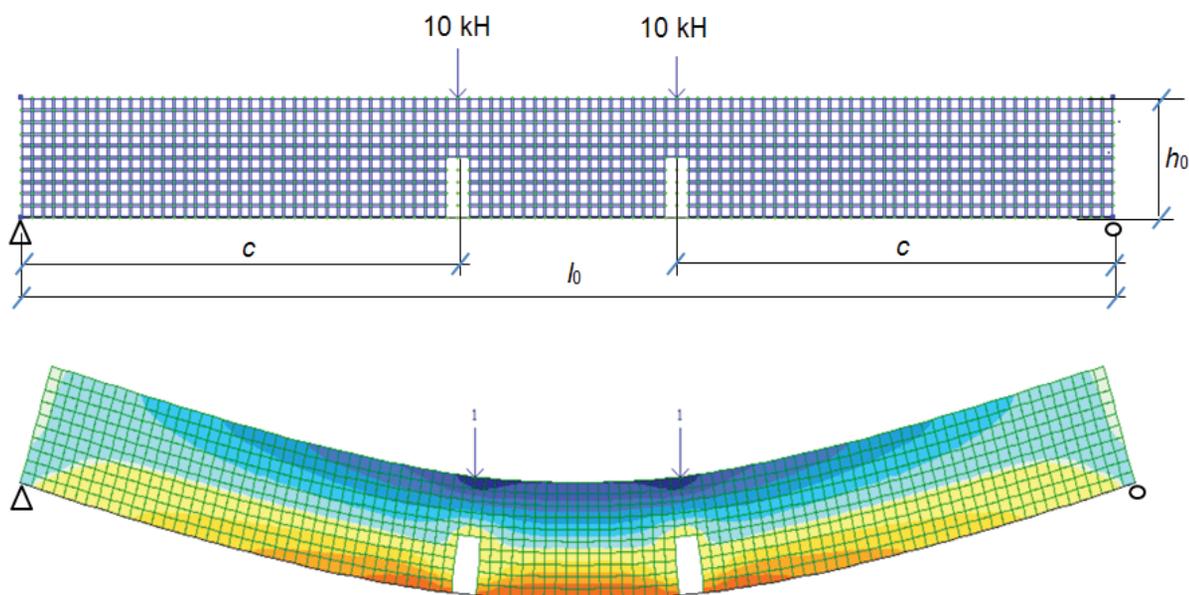


Рисунок 5 – Модель опытной балки из конечных элементов с нагрузкой сверху и деформированная схема с мозаикой нормальных напряжений

Figure 5 – Model of the examined beam with finite elements and top load, strain diagram with the normal stresses' mosaic

В таблице 1 приведены результаты расчета отношений средних по высоте сжатой зоны значений касательных и нормальных напряжений $k_Q = \tau/\sigma$ в опытной балке с трещинами при разных значениях s и ξ . Верхние значения получены при нагрузке сверху, нижние значения при нагрузке снизу.

Таблица 1 – Отношения касательных и нормальных напряжений $k_Q = \tau/\sigma$ в балке
Table 1 – Interrelations of tangential and normal stresses of $k_Q = \tau/\sigma$ in the beam

c/h_0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
$\xi = 0,5$	0,884 0,384	0,570 0,250	0,421 0,181	0,334 0,149	0,276 0,125	0,236 0,106	0,206 0,093	0,180 0,082
$\xi = 0,4$	0,841 0,364	0,543 0,234	0,402 0,174	0,319 0,139	0,264 0,116	0,226 0,099	0,197 0,087	0,172 0,076
$\xi = 0,3$	0,814 0,342	0,526 0,220	0,390 0,163	0,310 0,130	0,257 0,108	0,219 0,092	0,191 0,081	0,168 0,072
$\xi = 0,2$	0,741 0,311	0,509 0,198	0,379 0,148	0,301 0,117	0,250 0,098	0,214 0,083	0,187 0,073	0,165 0,066
$\xi = 0,1$	0,782 0,234	0,471 0,149	0,351 0,111	0,280 0,088	0,233 0,073	0,199 0,063	0,174 0,055	0,155 0,051

В таблице 2 приведены результаты расчета коэффициента k_Q по формуле (9) при разных значениях c и ξ применительно к опытной балке.

Таблица 2 – Коэффициент k_Q по формуле (9)
Table 2 – Coefficient k_Q by formula (9)

c/h_0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
$\xi = 0,5$	0,300	0,200	0,150	0,120	0,100	0,086	0,075	0,067
$\xi = 0,4$	0,375	0,250	0,187	0,150	0,125	0,107	0,094	0,083
$\xi = 0,3$	0,500	0,333	0,250	0,200	0,167	0,143	0,125	0,111
$\xi = 0,2$	0,750	0,500	0,375	0,300	0,250	0,214	0,187	0,167
$\xi = 0,1$	1,500	1,000	0,750	0,600	0,500	0,429	0,375	0,333

Из сопоставления табличных данных видно, что нормативные значения коэффициента k_Q соответствует относительной высоте сжатой зоны $\xi \approx 0,2$ опытной балки при нагрузке сверху и $\xi \approx 0,5$ при нагрузке снизу.

Коэффициент k_Q необходим при определении предельного значения поперечной силы Q_{ult} в обобщенной зависимости, рекомендуемой в [6]

$$Q/Q_{ult} + M/M_{ult} = 1 \quad (10)$$

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эмпирическую формулу (3), принятую в нормах проектирования железобетонных конструкций, следует привести в соответствие с формулой (8), учитывая $R_{bt} \approx 0,1R_b$.

Согласно (8) предельное значение касательных напряжений в сжатой зоне бетона над трещинами можно принять равным $\tau_{ult} = Q_b c \xi / 0,15 b x h_0$ или $\tau_{ult} = k_Q R_b$, где k_Q определяется по формуле (9).

Для всех значений длины проекции наклонного сечения можно принять относительное значение высоты сжатой зоны $\xi \approx 0,2$ нормального сечения, в котором действует усилие Q_b . При этом $x = 0,2h_0$ и $z = 0,9h_0$.

Полученные значения расчетных параметров рекомендуются для применения в обобщенной модели расчета (10) при определении предельных значений Q_{ult} и M_{ult} .

Несущая способность железобетонных элементов по наклонным сечениям зависит от прочности сжатой зоны над наклонной трещиной на действие поперечных сил и изгибающих моментов. Основой аналитического выражения для определения несущей способности может быть расчётная модель (10), которая имеет реальную физическую природу.

В более общем случае расчетные значения параметров наклонного сечения железобетонных элементов при поперечном изгибе можно

уточнять опытным путем или компьютерным моделированием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Beeby A.W. and Narayanan R.S. Designers guide to Eurocode 2: Design of concrete structures. London. 2009. 230 p.
2. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and commentary (ACI 318r-02). American Concrete Institute. Farmington Hills. 2014.
3. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций / под ред. А.А. Гвоздева. М.: Стройиздат, 1978.
4. Звездов А.И., Залесов А.С., Мухамедиев Т.А., Чистяков Е.А. О новых нормах проектирования железобетонных и бетонных конструкций // Бетон и железобетон. 2002. № 2. С. 2–6.
5. Краснощеков Ю.В. Прочность железобетонных элементов по наклонным сечениям при совместном действии поперечных сил и моментов // Вестник СибАДИ. 2009. № 3. С. 46–50.
6. Краснощеков Ю.В. Несущая способность по наклонным сечениям железобетонных элементов при совместном действии поперечных сил и моментов // Изв. вузов. Строительство. 2017. № 11-12. С. 5–14.
7. Гвоздев, А.А. Расчет несущей способности конструкций по методу предельного равновесия. М.: Стройиздат, 1949.
8. Боришанский М.С. Расчет отогнутых стержней и хомутов в изгибаемых железобетонных элементах по стадии разрушения. М. – Л.: Стройиздат, 1946.
9. Боришанский М.С. Расчет железобетонных элементов при действии поперечных сил // Расчет и конструирование элементов железобетонных конструкций / под ред. А.А. Гвоздева. М.: Стройиздат, 1964. С. 122–143.
10. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. М.: Госстройиздат, 1962.

11. Краснощеков Ю.В. Прочность бетона сжатых зон изгибаемых и внецентренно-загруженных железобетонных элементов // Вестник СибАДИ. 2006. № 4. С. 130–133.

12. Залесов А.С., Ильин О.Ф., Титов И.А. Напряженное состояние перед разрушением // Новое о прочности железобетона / под ред. К.В. Михайлова. М.: Стройиздат, 1977. С. 76–93.

13. Гвоздев А.А., Залесов А.С. К расчету прочности наклонных сечений железобетонных элементов // Бетон и железобетон. 1981. № 11. С. 38–39.

14. Кириакиди Г.И., Шеина С.Г. Расчет прочности наклонных сечений железобетонных элементов при совместном действии поперечной и продольной сил // Вопросы прочности, деформативности и трещиностойкости железобетона. Ростов н/Д, 1979. С. 40–43.

15. Колчунов В.И. К расчету прочности железобетонных элементов при совместном действии изгибающего момента и поперечной силы // Надежность и качество железобетонных конструкций. Куйбышев, 1977. С. 66–72.

16. Голышев А.Б., Колчунов В.И., Смоляго Г.А. Экспериментальные исследования железобетонных элементов при совместном действии изгибающего момента и поперечной силы // Исследование строительных конструкций и сооружений. М., 1980. С. 26–42.

17. Залесов А.С., Ильин О.Ф. Опыт построения новой теории прочности балок в зоне действия поперечных сил // Новое о прочности железобетона / под ред. К.В. Михайлова. М.: Стройиздат, 1977. С. 115–140.

18. Залесов А.С., Климов Ю.А. Прочность железобетонных конструкций при действии поперечных сил. – Киев: Будивельник, 1989.

19. Кудзис А.П. Железобетонные и каменные конструкции. В 2-х частях. Часть 1. Материалы, конструирование, теория и расчет. М.: Высшая школа, 1988.

20. Беляев, Н.М. Соппротивление материалов. М.: Наука, 1976.

21. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Расчетно-теоретический. В 2-х кн. Кн. 1 / под ред. А.А. Уманского. М.: Стройиздат, 1972.

22. Алмазов, В.О. Проектирование железобетонных конструкций по евронормам. М.: Изд-во АСВ, 2007. 216 с.

23. Smith F., Brown R. The Shearing Strength of Concrete, Bull. Univ. of Washington. 2001. № 106.

REFERENCES

1. Beeby A.W. and Narayanan R.S. Designers guide to Eurocode 2: Design of concrete structures. London. 2009. 230 p.

2. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and commentary (ACI 318r-02). American Concrete Institute. Farmington Hills. 2014.

3. Novoe v proektirovanii betonnykh i zhelezobetonnykh konstruktsiy [New in the design of concrete and reinforced concrete structures]. Ed by A.A. Gvozdev. Moscow. Stroyizdat, 1978. 204 p. (in Russian)

4. Zvezdov A.I., Zalesov A.S., Muchamediev T.A., Chistyakov E.A. O novykh normakh proektirovaniya zhelezobetonnykh i betonnykh konstruktsiy [The new rule of design of reinforced concrete and concrete structures]. Beton i zhelezobeton [Concrete and reinforced concrete]. 2002. No. 2. Pp. 2–6. (in Russian)

5. Krasnoshchekov Yu.V. Prochnost zhelezobetonnykh elementov po naklonnym secheniyam pri sovmestnom deistvii poperechnykh sil i momentov [Strength of reinforced concrete elements on the inclined section under the joint action of the transverse forces and moments]. Vestnik SibADI. 2009. No. 3. Pp. 46–50. (in Russian)

6. Krasnoshchekov Yu.V. Nesushchaya sposobnost' po naklonnym secheniyam zhelezobetonnykh elementov pri sovmestnom deistvii poperechnykh sil i momentov [Bearing capacity on inclined sections of reinforced concrete elements under joint action of transverse forces and moments]. Izvestiya vusov. Stroitel'stvo. [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2017. No. 11. Pp. (in Russian)

7. Gvozdev A.A. Raschet nesushchey sposobnosti po metodu predel'nogo ravnovesiya [Calculation of bearing capacity of structures by the method of limit equilibrium]. Moscow. Stroyizdat, 1949. 280 p. (in Russian)

8. Borishanskiy M.S. Raschet otognutych sterzhney i chomutov v izgibaemykh zhelezobetonnykh elementakh po stadia razrusheniya [Calculation of bent rods and clamps flexible reinforced concrete elements according to the stage of destruction]. Moscow-Leningrad. Stroyizdat, 1946. 79 p. (in Russian)

9. Borishanskiy M.S. Raschet zhelezobetonnykh elementov pri deystvii poperechnykh sil [Calculation of reinforced concrete elements by the action shear forces]. Raschet i konstruirovaniye elementov zhelezobetonnykh konstruktsiy [Calculation and design of elements of reinforced concrete structures]. Ed by A.A. Gvozdev. Moscow. Stroyizdat, 1964. Pp. 122-143. (in Russian)

10. Berg O.Ya. Fizicheskie osnovy teorii prochnosti betona i zhelezobetona [Physical foundations of concrete and reinforced concrete strength theory]. Moscow. Gosstroyizdat, 1962. 96 p. (in Russian)

11. Krasnoshchekov Yu.V. Prochnost betona szhatykh zon izgibaemykh i vnetsentrenno-zagruzhennykh elementov [Concrete strength of compressed zones of bent and out-center-loaded reinforced concrete elements]. Vestnik SibADI. 2006. No. 4. Pp. 130–133. (in Russian)

12. Zalesov A.S., Il'in O.F., Titov I.A. Napryazhennoe sostoyanie pered razrusheniem [The stress state before the destruction]. Novoe o prochnosti zhelezobetona [New about strength of concrete]. Ed by K.V. Michaylov. Moscow. Stroyizdat, 1977. Pp. 76–93. (in Russian)

13. Gvozdev A.A., Zalesov A.S. K raschetu prochnosti naklonnykh secheniy zhelezobetonnykh elementov [The strength calculation of inclined section of reinforced concrete elements]. Beton i zhelezobetona [Concrete and reinforced concrete]. 1981. No. 11. Pp. 38–39. (in Russian)

14. Kiriakidi G.I., Sheina S.G. Raschet prochnosti naklonnykh secheniy zhelezobetonnykh elementov pri sovmestnom deistvii poperechnoy i prodol'noy sil [Strength calculation of inclined section of reinforced concrete elements under combined action of lateral and longitudinal forces]. Voprosy prochnosti, deformativnosti i treshchinostoykosti zhelezobetona [Questions of strength, deformability and crack resistance of reinforced concrete]. Rostov na Donu. 1979. Pp. 40–43. (in Russian)

15. Kolchunov V.I. K raschetu prochnosti zhelezobetonnykh elementov pri sovmestnom deistvii momenta i poperechnoy sily [Calculation of strength of reinforced concrete elements under combined action of bending moment and shear force]. Nadezhnost' i kachestvo zhelezobetonnykh konstruktsiy [The reliability and quality of concrete structures]. Kuybyshev. 1977. Pp. 66–72. (in Russian)

16. Golyshev A.B., Kolchunov V.I., Smolyago G.A. Experimental'nye issledovaniya zhelezobetonnykh elementov pri sovmestnom deistvii izgibayushchikh momentov i poperechnoy sily [Experimental study of reinforced concrete elements under combined action of bending moment and shear force]. Issledovanie stroitel'nykh konstruktsiy i sooruzheniy [The study of structures and facilities]. Moscow. 1980. Pp. 26–42. (in Russian)

17. Zalesov A.S., Il'in O.F. Opyt postroeniya novoy teorii prochnosti balok pri deistvii poperechnykh sil [The experience of building a new theory of strength of beams in the zone of action of transverse forces]. [New about strength of concrete]. Ed by K.V. Michaylov. Moscow. Stroyizdat, 1977. Pp. 115–140. (in Russian)

18. Zalesov A.S., Klimov Yu.A. Prochnost' zhelezobetonnykh konstruktsiy pri deistvii poperechnykh sil [Durability of reinforced concrete

structures under the action of transverse forces]. K[ev. Budivel'nik, 1989. 104 p. (in Russian)

19. Kudzis A.P. Zhelezobetonnye i kamennye konstrukcii [Concrete and stone structures]. In 2 parts. Part 1. Materialy, konstruirovaniye, teoriya i raschet [Materials, design, theory and calculation]. Moscow. Vysshaya shkola, 1988. 2876 p. (in Russian)

20. Belyaev N.M. Soprotivlenie materialov [Resistance of materials]. Moscow. Nauka, 1976. 856 p. (in Russian)

21. Pukelis P.I. O soprotivlenii betona szhatiyu pri sreze [Resistance of the concrete compression shear]. Perspektivy razvitiya betona i zhelezobetona: materialy k 7 Vsesoyuznoy konferentsii [Materials of VII all-Union conference "prospects of development of concrete and reinforced concrete"]. Vil'nyus, 1972. Pp. 52–58. (in Russian)

22. Spravochnik proektirovshchika promyshlennyykh, zhilykh i obshchestvennykh zdaniy i sooruzheniy. Raschetno-teoreticheskiy [Directory of designer of industrial, residential and public buildings. Theory and calculation]. Ed by A.A. Umanskiy. Moscow. Stroyizdat, 1972. 600 p. (in Russian)

23. Almasov V.O. Proektirovaniye zhelezobetonnykh konstruktsiy po evronormam [Design of reinforced concrete structures in accordance with European standards]. Moscow. ASV, 2007. 216 p. (in Russian)

24. Smith F., Brown R. The Shearing Strength of Concrete, Bull. Univ. of Washington. 2001. № 106.

Поступила 06.04.2018, принята к публикации 25.06.2018.

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

Краснощеков Юрий Васильевич – доктор технических наук, доцент, кафедра «Строительные конструкции», «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» (644080, пр. Мира, д. 5, e-mail: uv1942@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Krasnoshchekov Y.V. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Building Construction Department, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), (644080, 5, Mira Ave., e-mail: uv1942@mail.ru).

**РАЗДЕЛ V.
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

УДК 332.12

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ В КОНТЕКСТЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОЦЕНКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

А.А. Кораблева¹, О.Г. Шевелева²

¹Омский научный центр СО РАН, г. Омск, Россия;

²ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»,
г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Статья посвящена выявлению тенденций социально-экономического развития и экономической безопасности территорий. В работе обобщены представления о сущности экономической безопасности территории и способы её оценки, представлена авторская методика определения тенденций развития муниципальных районов в контексте экономической безопасности на примере Омской области.

Материалы и методы. На основании данных Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Омской области, характеризующих социально-экономическое развитие муниципальных районов, рассчитаны индексы экономической безопасности в экономической, социальной, финансовой сферах и интегральный индекс. Группировка полученных значений и их визуализация с помощью ГИС-технологий наглядно демонстрирует тенденции развития муниципальных районов Омской области.

Результаты и обсуждение. В статье обоснованы способы группировки индексов экономической безопасности и их визуального представления для оценки тенденций социально-экономического развития муниципальных районов. Продемонстрированы тенденции социально-экономического развития муниципальных районов Омской области за 2014–2016 гг. в контексте экономической безопасности на основе авторской методики.

Заключение. Выявленные положительные тенденции в развитии экономики муниципальных районов Омской области нивелируются негативными тенденциями в социальной сфере. По состоянию на 2016 г. большинство муниципальных районов Омской области отнесены к уровню экономической безопасности «умеренная реализация угроз». Выявленные тенденции отражают проблемные вопросы, на которые органам муниципальной и региональной власти Омской области следует обратить особое внимание.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экономическая безопасность, муниципальный район, тенденции территориального развития, индикатор, ГИС-технологии.

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).

© А.А. Кораблева, О.Г. Шевелева, 2018



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

TRENDS OF THE MUNICIPAL AREAS OF OMSK REGION DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF ECONOMIC SECURITY. ESTIMATION WITH THE APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES

A.A. Korableva

OSC SB RAS, Omsk, Russia

O.G. Sheveleva

Omsk State Technical
University, Omsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. *The article is devoted to the revealing of the tendencies of social and economic development and to economic security of the territories. The research summarizes the concept of economic security of the territory and the ways of its evaluation, also presents the author's methodology for determining the trends in the development of municipal areas by the context of economic security on the example of Omsk region.*

Materials and methods. *Indices of economic security in the economic, social and financial spheres and an integrated index are calculated, basing on the data of the Territorial Body of the Federal State Statistics Service for Omsk Region, which characterize the socio-economic development of municipal regions. The grouping of the obtained values and their visualization with the help of GIS technologies helps to demonstrate the development tendencies of the municipal areas of Omsk region.*

Results. *The article substantiates the ways of grouping the indices of economic security and their visual representation for assessing the trends of socio-economic development of municipal areas. As a result, the tendencies of social and economic development of the municipal districts of Omsk region in 2014-2016 are demonstrated in the context of economic security based on the author's methodology.*

Discussion and conclusions. *The revealed positive trends in the development of municipal districts' economy of Omsk region are offset by negative trends in the social sphere. Therefore, most of the municipal districts of Omsk region are classified as "moderate implementation of threats" to the level of economic security in 2016. The revealed tendencies reflect problematic issues, to which the municipal and regional authorities of Omsk region should pay special attention.*

KEYWORDS: *economic security, municipal district, territorial development trends, indicator, GIS technology.*

The research was carried out according to the federal task of the OSC SB RAS (project registration number is AAAA-A17-117041210229-2).

© A.A. Korableva, O.G. Sheveleva, 2018



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

ВВЕДЕНИЕ

Экономическая безопасность государства и его регионов напрямую зависит от уровня экономической безопасности муниципальных образований. Однако экономическая безопасность на муниципальном уровне исследуется значительно реже, чем региональная и государственная безопасность.

Встречается целый ряд трактовок понятия экономической безопасности муниципально-го образования. А.И. Татаркин и А.А. Куклин раскрывают его через совокупность условий и факторов, влияющих на уровень жизни населения на данной территории [1]. Через преодоление существующих угроз и рисков понимают экономическую безопасность Н.А. Лыскова [2], М.С. Бугаева [3], Ж.А. Мингалева и А.В. Наумов [4]. В контексте экономической безопасности многие авторы подчеркивают приоритет обеспечения интересов населения, а также конкурентоспособности, стабильного и устойчивого развития муниципального образования. А.А. Малютина [5], Е.А. Орехова и А.В. Плякин [6], Н.С. Обухова [7] и другие разрабатывают перечни индикаторов и методики оценки экономической безопасности муниципальных образований. Обоснование пороговых значений соответствующих индикаторов проводится в работах С.В. Раевского [8] и Н.Ю. Абрамян [9]. Финансово-бюджетный аспект экономической безопасности муниципальных районов Омской области исследуется в статье О.П. Кузнецовой и Е.А. Юмаева [10]. Отдельные исследования посвящены экономической безопасности городов [11], встречается трактовка экономической безопасности монопрофильного города через экономическую безопасность градообразующего предприятия [12]. Однако с таким подходом нельзя согласиться, поскольку предприятие по отношению к городу является субъектом более низшего порядка, и уровень его развития не отражает все направления социально-экономического развития города [13]. Городские поселения и городские округа выступают высшей урбанизированной формой муниципального образования. Однако между регионом как территорией и городским поселением находится ещё одна территориальная структурная единица – муниципальный район, объединяющий несколько поселений или поселений и межселенных территорий¹.

Следует отметить, что зарубежные авторы часто трактуют экономическую безопасность несколько в ином свете. Они уделяют внимание очень конкретным вопросам, например проблемам миграции [14]. Д.С. Хокер, Г.А. Губер, А. Николс и др. предлагают индекс экономической безопасности, учитывающий ежегодное снижение реальных доходов домашних хозяйств, в том числе из-за личных расходов на медицинское обслуживание [15]. Однако С. Мун Танг обращает внимание, что практика трактовки экономической безопасности только в отношении малоимущих граждан неверна [16]. Я. Гриз и А. Нояковская-Крышман понимают экономическую безопасность как организованную деятельность или комплекс действий государственных органов власти, относящихся к здравоохранению, образованию, жилью, информации и социальной защите [17]. С другой стороны, экономическая безопасность территорий исследуется и в широком аспекте: в свете угроз и последствий глобальных и международных финансовых кризисов, экономического спада темпов роста ВВП, неблагоприятных изменений обменных курсов, нестабильности уровня цен и наращивания государственного долга [18]. М.А. Удреску, К.М. Барбу, М. Ганеа рассуждают о проблемах конкурентоспособности и сотрудничества государств в свете глобальных угроз национальной безопасности [19]. Социально-экономическое развитие и экономическая безопасность муниципальных районов Омской области не находится в поле научных интересов зарубежных исследователей.

Мы понимаем экономическую безопасность муниципального образования как интегральную характеристику состояния экономики муниципального образования с учетом воздействующих на неё социальных и финансовых факторов, отражающую уровень защищённости экономики территории от угроз её социально-экономическому развитию [13]. Цель данной работы – предложить методику оценки тенденций социально-экономического развития муниципальных районов в контексте экономической безопасности и провести её апробацию на примере Омской области. Для этого решается целый ряд задач. На подготовительном этапе необходимо сформировать перечень индикаторов экономической без-

¹ Федеральный закон от 06.10.2003 № 131-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.08.2017) // СПС «Консультант плюс» (дата обращения: 05.09.2017 г.).

опасности муниципального уровня, определить их пороговые значения, собрать соответствующие статистические данные. На этапе расчетов требуется осуществить нормировку статистических данных (привести показатели к безразмерному виду), рассчитать индексы экономической безопасности по выбранным сферам и интегральный индекс, а также предложить диапазоны значений, характеризующие уровни экономической безопасности муниципальных районов, провести соответствующую группировку данных. Заключительный этап состоит в выборе инструментария, с помощью которого полученные расчеты представляются наиболее наглядно.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Омским научным центром СО РАН разработан перечень индикаторов экономической безопасности региона в экономической, социальной и финансовой сферах [20], который был взят за основу перечня индикаторов экономической безопасности муниципальных образований. Но основная проблема в оценке экономической безопасности муниципальных районов на практике – отсутствие данных в открытом доступе в необходимом количестве. База данных муниципальной статистики предоставляет весьма ограниченные возможности для решения поставленной задачи². Так, из 29 индикаторов экономической безопасности региона на муниципальном уровне Омской области в открытом доступе имеется только 11, а именно:

а) индикаторы экономической безопасности в экономической сфере:

отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами (без субъектов малого предпринимательства) на душу населения, тыс. руб.;

продукция сельского хозяйства (в фактически действовавших ценах) на душу населения, тыс. руб.;

начисленный за отчетный год учетный износ основных фондов (амортизация и износ основных фондов, отражаемые в бухгалтерском учете и отчетности) по коммерческим организациям;

оборот розничной торговли (без субъектов малого предпринимательства) на душу населения, тыс. руб.;

б) индикаторы экономической безопасности в социальной сфере:

общий коэффициент естественного прироста, промилле;

миграционный прирост (+/-) на 10 000 чел. населения, человек;

среднемесячная заработная плата работников организаций, руб.;

введено в действие жилых домов на территории муниципального образования на душу населения, кв. м. общей площади;

в) индикаторы экономической безопасности в финансовой сфере:

инвестиции в основной капитал, осуществляемые организациями, находящимися на территории муниципального образования (без субъектов малого предпринимательства), % к «Отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами (без субъектов малого предпринимательства)»;

удельный вес убыточных организаций в общем числе организаций, %;

доходы местного бюджета на душу населения, фактически исполненные, тыс. руб.

По таким индикаторам муниципального значения, как «Начисленный за отчетный год учетный износ основных фондов (амортизация и износ основных фондов, отражаемые в бухгалтерском учете и отчетности) по коммерческим организациям» и «Удельный вес убыточных организаций в общем числе организаций» статистика практически отсутствует. Кроме того, в открытых базах данных нет показателя валовой добавленной стоимости на муниципальном уровне или валового муниципального продукта, на что обращает внимание А.А. Малютин [5]. Если проводить аналогию с расчетом экономической безопасности региона, то здесь используются ряд показателей, приведённых к ВРП. При оценке экономической безопасности муниципального образования мы можем рассчитать индикаторы на душу населения и по отношению к показателю «Отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами (без субъектов малого предпринимательства)».

При оценке экономической безопасности территории пороговые значения индикаторов имеют особое значение. То, насколько кор-

² Основные показатели социально-экономического положения муниципальных образований Омской области [Электронный ресурс] // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Омской области. URL: http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/omsk/ru/municipal_statistics/main_indicators/ (дата обращения: 28.08.2017 г.).

ректно определён их уровень, окажет влияние на итоговый результат оценки. В настоящее время ещё не выработан единый подход к определению пороговых значений индикаторов экономической безопасности на муниципальном уровне. Это может быть связано с уникальностью муниципальных образований (пороговые значения для одних территорий могут оказаться неприемлемыми для других) и периодическим изменением методик расчета статистических данных.

Традиционно нормированные индикаторы экономической безопасности оцениваются по приближению к значению, равному 1. Если расчетное значение нормированного индикатора превышает 1, то это позволяет отнести ситуацию к нормальной. Значение индикатора меньше единицы свидетельствует о наличии угроз экономической безопасности [21]. Многие авторы проводят более детальную оценку. Полученный ряд значений индикаторов экономической безопасности разбивается на несколько групп. Некоторые исследователи выделяют 4 уровня (нормальный, предкризисный, кризисный, критический) или три (безопасный, предкризисный, кризисный). В основном авторы используют метод классификации «равные интервалы», который обеспечивает эффективное сравнение экономической безопасности муниципальных образований во временном отношении. Так, Е.А. Орехова и А.В. Плякин используют 5 интервалов в оценке совокупности нормированных индикаторов от 0 до 1 [6]. С.Н. Митяков, Е.С. Митяков, Н.А. Романова распределяют диапазоны значений нормированных индикаторов экономической безопасности по зонам риска: зона «катастрофического риска» (ограниченного значением нормированного индикатора, равным 0,25), зона «критического риска» (находится между значениями 0,25 и 0,5), зона «значительного риска» (0,5–0,75), зона «умеренного риска» (0,75–1), зона «стабильности» (вне сектора, ограниченного значением 1) [22]. Однако с такой трактовкой нельзя согласиться в полной мере. Понятие рисков имеет вероятностную основу, в то время как значения индикаторов и интегральных индексов экономической безопасности меньше 1 свидетельствует о свершившемся факте наступления (реализации) угроз. И введение интервалов для значений от 1 и выше позволит более детально оценивать ситуацию в зоне «стабильности». Отдельные исследователи при рассмотрении вопросов территориальной безопасности не приводят

пороговые значения индикаторов, а только анализируют динамику социально-экономических показателей [23], но это является исключением из правил.

В территориальном аспекте исследования многих авторов направлены на выявление асимметрии пространственного развития. Социально-экономическое развитие региона считается асимметричным, если с течением времени муниципальные образования продолжают сохранять разнонаправленные тенденции своего развития. Снижение средних по территории значений индикаторов экономической безопасности, рост пространственной асимметрии свидетельствует о возникновении угроз экономической безопасности муниципального развития. Для повышения наглядности полученных расчетов некоторыми авторами используется картографическая визуализация [24].

Обобщая вышеизложенное, отметим, что, несмотря на сложившийся в целом традиционный подход к оценке экономической безопасности территорий, вопрос выделения уровней экономической безопасности остаётся дискуссионным. И ответ на этот вопрос, вероятно, можно найти только экспериментальным путем.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Территориально Омская область состоит из 32 муниципальных районов. На основании методики оценки экономической безопасности региона, представленной в публикациях Омского научного центра СО РАН [21, 25, 26], и предложенного выше перечня индикаторов экономической безопасности, для 32 муниципальных районов были рассчитаны индексы экономической безопасности (по трем сферам и интегральному индексу) за 2014–2016 гг. (по 2017 г. статистика представлена ещё не в полном объеме). При расчетах для денежных индикаторов значения корректировались с учетом темпов инфляции. Веса индикаторам не назначались. В качестве базового периода был использован 2014 г., пороговое значение для индикатора – среднее арифметическое по всем муниципальным образованиям по индикатору за 2014 г. Для показателей «Общий коэффициент естественного прироста» и «Миграционный прирост» пороговое значение равно 0. В таблице 1 представлен фрагмент полученных рядов значений, которые можно проанализировать несколькими способами.

Таблица 1
РАССЧИТАННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ИНДЕКСОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
(ФРАГМЕНТ; РАССЧИТАНО АВТОРАМИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СТАТИСТИКИ³)

Table 1
CALCULATED ECONOMIC SECURITY INDICES

Муниципальные районы Омской области	Экономическая сфера			Социальная сфера			Финансовая сфера		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Большереченский	0,7459	0,7880	0,8148	0,6604	1,0140	0,9482	1,1012	0,8529	0,8231
Большеуковский	0,6098	0,6642	0,6813	0,6961	0,6648	1,0287	0,9195	0,9241	0,9206
Горьковский	0,9296	0,9127	0,9075	0,8614	0,6854	0,5807	0,8612	0,7580	1,0975
Знаменский	0,7424	0,7854	0,8339	0,7416	0,6160	0,7309	1,2204	1,1686	1,0839
Колосовский	0,7679	0,8301	0,8562	0,7050	0,5266	0,5357	1,0064	1,1266	0,9298
Крутинский	0,9242	0,9886	1,0171	0,6182	0,5784	0,5238	1,1748	0,9054	0,9047
Муромцевский	0,7849	0,8818	0,8824	0,5567	0,5733	0,5535	0,8601	0,6955	0,7635

Прежде всего выявим непосредственно тенденции изменения индикаторов в социальной, экономической и финансовой сферах по каждому муниципальному району Омской области за три года. Снижение или повышение значения индикатора по отношению к предыдущему году будет свидетельствовать об ухудшении или улучшении ситуации. Проведённый анализ показал, что большинство муниципальных районов, кроме Горьковского и Русско-Полянского, в экономической сфере демонстрируют положительную динамику. Однако в социальной и финансовой сфере большая часть индексов по отношению к предыдущему году снижается. Из 32 интегральных индексов 7 демонстрируют непрерывное снижение (в основном, в северной экономической зоне), 12 снижаются после некоторого роста (в основном, в южной и центральной экономической зоне), непрерывная положительная

тенденция имеется только в Большеуковском муниципальном районе (северная экономическая зона). Следовательно, положительные тенденции в экономической сфере развития муниципальных районов оказались недостаточными для обеспечения экономической безопасности в целом.

Оценка индексов экономической безопасности относительно пороговых значений дополнит проведённый выше анализ. При этом будем использовать два основных уровня экономической безопасности: безопасный (нормированный индекс экономической безопасности больше единицы) и кризисный (нормированный индекс экономической безопасности меньше единицы). С учетом направленности динамики индексов экономической безопасности (*I*) каждый из этих уровней можно разбить как минимум на два подуровня (таблица 2).

Таблица 2
ПОДХОД К ГРУППИРОВКЕ ЗНАЧЕНИЙ ИНДЕКСОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, УЧИТЫВАЮЩИЙ НАПРАВЛЕННОСТЬ ИХ ДИНАМИКИ (ПРЕДЛОЖЕН АВТОРАМИ)

Table 2
APPROACH TO THE GROUPING OF ECONOMIC SECURITY INDICES,
TAKING INTO ACCOUNT THE DIRECTION OF THEIR DYNAMIC

№	Тенденция и диапазон	Характеристика	Уровень ЭБ	Цветовое обозначение
1	<i>I</i> выросло; $I > 1$	Значение индекса за период выросло и находится в безопасной зоне	Уровень стабильности	Светло-желтый
2	<i>I</i> снизился; $I > 1$	Значение индекса снизилось, но находится в безопасной зоне	Уровень умеренного риска	Желтый
3	<i>I</i> выросло; $I \leq 1$	Значение индекса выросло, но находится в кризисной зоне	Уровень реализации угроз	Оранжевый
4	<i>I</i> снизился; $I \leq 1$	Значение индекса снизилось и находится в кризисной зоне	Кризисный уровень	Красный

³ Основные показатели социально-экономического положения муниципальных образований Омской области [Электронный ресурс] // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Омской области. URL: http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/omsk/ru/municipal_statistics/main_indicators/ (дата обращения: 28.08.2017 г.).

Подобный способ оценки дает больше информации для аналитики, т.к. позволяет сгруппировать значения индикаторов не по двум, а по четырем группам. Каждой из них присвоено цветовое обозначение, которое можно использовать в аналитических таблицах или на картах муниципальных районов Омской области. У этого способа есть преимущество: каждый цветовой маркер сигнализирует не только об уровне экономической безопасности, но и одновременно о направленности динамики конкретного индикатора по сравнению с предыдущим периодом. В результате оценка проводится несколько непривычным образом. Значение индекса, равное, например, 0,9483 (Одесский район, интегральный индекс), оценивается хуже, чем значение, равное 0,8620 (Большереченский район, интегральный индекс), поскольку в первом случае интегральный индекс за анализируемый период снизился и достиг указанного уровня, а во втором случае – вырос.

Проведённые таким способом расчеты показали, что, как и в предыдущем случае, динамика индексов в экономической сфере выглядит гораздо лучше остальных. Лишь несколько муниципальных районов имели некий «запас прочности», который позволил им при стабильной негативной тенденции не попасть в кризисную зону, а именно Азовский немецкий национальный и Омский муниципальные районы, находящиеся в центральной экономической зоне Омской области. Интегральные индексы экономической безопасности по 23 муниципальным образованиям демонстрируют негативную динамику и находятся в кризисной зоне.

Для решения поставленной задачи пред-

ставляет интерес также метод специализированных интервалов, границы между которыми устанавливаются там, где начинается переход от одного качественного состояния группы к другому, хотя подобный способ в публикациях авторов по данной тематике не встречается. Четыре уровня экономической безопасности муниципальных районов, полученных методом специализированных интервалов, представлены в таблице 3.

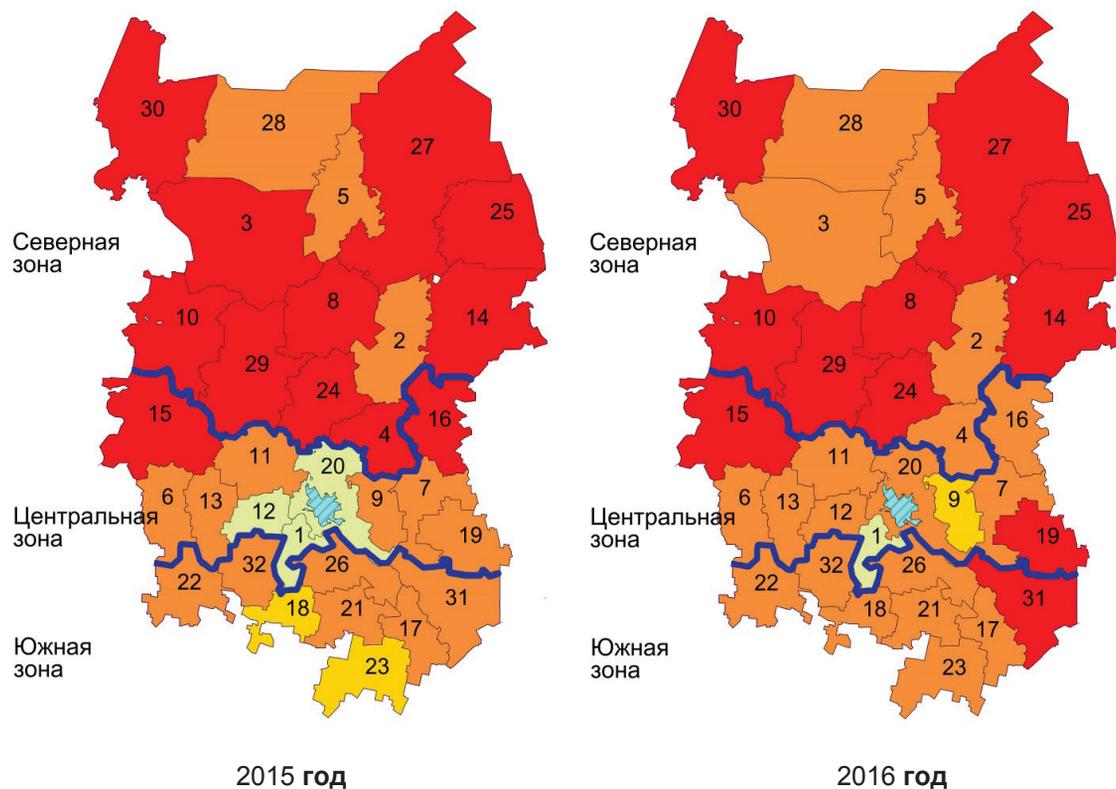
Результаты оценки, проведенной с помощью этого метода, показали, что в динамике в экономической сфере наилучшим образом выглядят центральная и южная экономические зоны Омской области. В этом отношении позитивную стабильность демонстрируют Калачинский, Кормиловский, Любинский и Омский муниципальные районы, относящиеся к центральной экономической зоне; Павлоградский, Полтавский, Русско-Полянский, Таврический муниципальные районы из южной экономической зоны. В социальной сфере лишь территориально близкие к областному административному центру районы относились в 2014 и 2015 г. к зоне стабильности. В 2016 г. из них остался только Азовский немецкий национальный муниципальный район. Особенно негативно в этом аспекте выглядит северная экономическая зона Омской области, хотя в финансовой сфере экономической безопасности северная экономическая зона выглядит лучше остальных. Но в целом за рассматриваемый период наблюдается ухудшение ситуации. Если в 2014 г. имели место 5 районов «зеленой» группы, то в 2016 г. их осталось 3. В то же время выросло число муниципальных районов кризисной «красной» группы – с 8 до 12.

Таблица 3
ДИАПАЗОНЫ ЗНАЧЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ИНТЕРВАЛОВ (ПРЕДЛОЖЕНЫ АВТОРАМИ)

Table 3
VALUES' RANGE OBTAINED BY THE METHOD OF SPECIALIZED INTERVALS

№	Диапазон	Характеристика	Уровень ЭБ	Цветовое обозначение
1	$I > (\bar{I}, \text{ при } I \geq 1)$	Значение индекса больше единицы и одновременно больше среднего фактических значений индикаторов, которые больше единицы	Зона стабильности	Светло-желтый
2	$I > 1;$ $I \leq (\bar{I}, \text{ при } I \geq 1)$	Значение индекса больше единицы, но меньше или равно среднего фактических значений индикаторов, которые больше единицы	Зона умеренного риска	Желтый
3	$I \leq 1;$ $I \leq (\bar{I}, \text{ при } I < 1)$	Значения индекса меньше или равно единице, но больше среднего фактических значений индикаторов, которые меньше единицы	Зона реализации угроз	Оранжевый
4	$I \leq (\bar{I}, \text{ при } I < 1)$	Значения индекса меньше или равно единице и меньше или равно среднего фактических значений индикаторов, которые меньше единицы	Кризисная зона	Красный

Полученные значения индикаторов ЭБ сводятся в таблицы, однако картографический способ представления информации, характеризующей отдельные территории, в большей степени удобен для восприятия. При построении карт экономической безопасности использовался свободно распространяемый растровый графический редактор GNU Image Manipulation Program (GIMP). На картах (см. рисунок 2) муниципальные районы Омской области обозначены следующим образом: 1. Азовский немецкий национальный; 2. Большереченский. 3. Большеуковский. 4. Горьковский. 5. Знаменский. 6. Исилькульский. 7. Калачинский. 8. Колосовский. 9. Кормиловский. 10. Крутинский. 11. Любинский. 12. Марьяновский. 13. Москаленский; 14. Муромцевский; 15. Называевский; 16. Нижнеомский; 17. Нововаршавский; 18. Одесский. 19. Оконешниковский. 20. Омский. 21. Павлоградский. 22. Полтавский. 23. Русско-Полянский. 24. Саргатский. 25. Седельниковский. 26. Таврический. 27. Тарский. 28. Тевризский. 29. Тюкалинский. 30. Усть-Ишимский. 31. Черлакский. 32. Шербакульский.



2015 год 2016 год
 Рисунок 1 – Карты экономической безопасности: интегральный индекс
 (метод специализированных интервалов; составлены авторами на основе данных статистики⁴)

*Figure 1 – Maps of economic security: integrated index
 (method of specialized intervals)*

Интегральный индекс экономической безопасности иногда демонстрирует разнонаправленную динамику, однако позволяет выявить сложившиеся тенденции последних лет. Как видно на рисунке 1, северная экономическая зона Омской области в 2015–2016 гг. практически полностью окрашена в красный цвет, отражающий наихудшее состояние из возможных. В центральной экономической зоне несколько близлежащих к городу Омску районов пытаются удержать лидирующие позиции, но в 2016 г. только Азовский немецкий национальный муниципальный район году относится к «зелёной» группе. Центральная и южная экономическая зоны находятся на одинаковом уровне экономической безопасности. Постепенно сократилась асимметрия развития муниципальных районов, но эта тенденция негативна: к 2016 г. интегральные индексы только двух

⁴ Основные показатели социально-экономического положения муниципальных образований Омской области [Электронный ресурс] // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Омской области. URL: http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/omsk/ru/municipal_statistics/main_indicators/ (дата обращения: 28.08.2017 г.).

РАЗДЕЛ V. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

муниципальных районов Омской области (Азовского немецкого национального и Кормиловского районов из центральной экономической зоны) превышают пороговое значение.

Однако в основном при оценке экономической безопасности территорий различные исследователи используют метод равных интервалов с некоторой модификацией. Для сопоставимости результатов разобьем диапазон возможных значений интегральных индексов экономической безопасности на четыре группы (таблица 4).

Таблица 4
ДИАПАЗОНЫ ЗНАЧЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ РАВНЫХ ИНТЕРВАЛОВ
(4 ИНТЕРВАЛА; ПРЕДЛОЖЕНЫ АВТОРАМИ)
Table 4
VALUES' RANGE OBTAINED BY THE METHOD OF EQUAL INTERVALS
(4 INTERVALS)

№	Диапазон	Уровень ЭБ	Цветовое обозначение
1	$I > 1,5$	Зона стабильности	Светло-желтый
2	$1 < I \leq 1,5$	Зона умеренного риска	Желтый
3	$0,5 < I \leq 1$	Зона реализации угроз	Оранжевый
4	$I \leq 0,5$	Кризисная зона	Красный

Метод «равные интервалы» в данном случае оказался малоинформативным. Он подтвердил стабильно кризисное состояние большинства муниципальных районов по сравнению с базовым годом. Показал, что в центральной и южной экономических зонах Омской области экономическая сфера в целом находится выше порогового уровня, однако это не сильно повлияло на укрепление экономической безопасности данных районов в целом. Также выше порогового значения оказались интегральные индексы экономической безопасности Омского, Кормиловского и Азовского немецкого национального муниципального района. Однако ни один муниципальный район не попал в наилучшую «зеленую» зону стабильности, а в «красной» кризисной зоне оказались лишь Усть-Ишимский район (в части экономики) и Называевский и Оконешниковский районы в 2016 г. (в социальной сфере). Иными словами, практически все муниципальные районы Омской области оказались распределены лишь по двум группам, что не позволяет провести их внятную дифференциацию и выявить тенденции пространственного развития Омской области в аспекте экономической безопасности.

Чтобы улучшить результаты оценки с помощью этого метода, введем большее количество диапазонов для значений интегральных индексов экономической безопасности (таблица 5).

Таблица 5
ДИАПАЗОНЫ ЗНАЧЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ РАВНЫХ ИНТЕРВАЛОВ
(6 ИНТЕРВАЛОВ; ПРЕДЛОЖЕНЫ АВТОРАМИ)
Table 5
VALUES' RANGE OBTAINED BY THE METHOD OF EQUAL INTERVALS
(6 INTERVALS)

№ группы	Диапазон	Уровень экономической безопасности	Цветовое обозначение
1	$I > 1,25$	Зона стабильности	Белый
2	$1 < I \leq 1,25$	Зона умеренного риска	Светло-желтый
3	$0,75 < I \leq 1$	Зона умеренной реализации угроз	Желтый
4	$0,5 < I \leq 0,75$	Зона активной реализации угроз	Оранжевый
5	$0,25 < I \leq 0,5$	Кризисная зона	Красный
6	$I \leq 0,25$	Катастрофическая зона	Бордовый

Следует признать, что такой подход себя оправдывает: муниципальные районы Омской области с его помощью оказались распределены по пяти группам. В северной экономической зоне Омской области наблюдается тенденция снижения уровня экономической безопасности за 2014–2016 гг.: по интегральному индексу ни один муниципальный район не перешел в группу более высокого порядка. Социальная сфера здесь выглядит наихудшим образом, и значение интегрального индекса здесь с каждым годом снижается. Усть-Ишимский район единственный, который относится к кризисной зоне экономической безопасности в экономической сфере.

В центральной и южной экономических зонах Омской области экономическая сфера в некоторых случаях показывает положительную тенденцию. За рассматриваемый период из зоны активной реализации угроз в зону умеренной реализации угроз перешел Марьяновский, Оконешниковский и Одесский муниципальные районы; из зоны умеренного риска в зону стабильности – Калачинский, Кормиловский и Полтавский районы. Омский муниципальный район в экономической сфере за весь период находится в зоне стабильности, однако тенденция в социальной сфере здесь негативная. Также наблюдается негативная тенденция в социальной сфере практически по всем муниципальным районам южной экономической зоны Омской области. В результате по уровню интегрального индекса экономической безопасности в зоне умеренного риска за все три анализируемых года находятся Омский, Азовский немецкий национальный и Кормиловский муниципальные районы (на рисунке 2 представлены карты экономической безопасности муниципальных районов Омской области за 2015 и 2016 гг.). Большинство же районов отнесено к зоне умеренной реализации угроз.

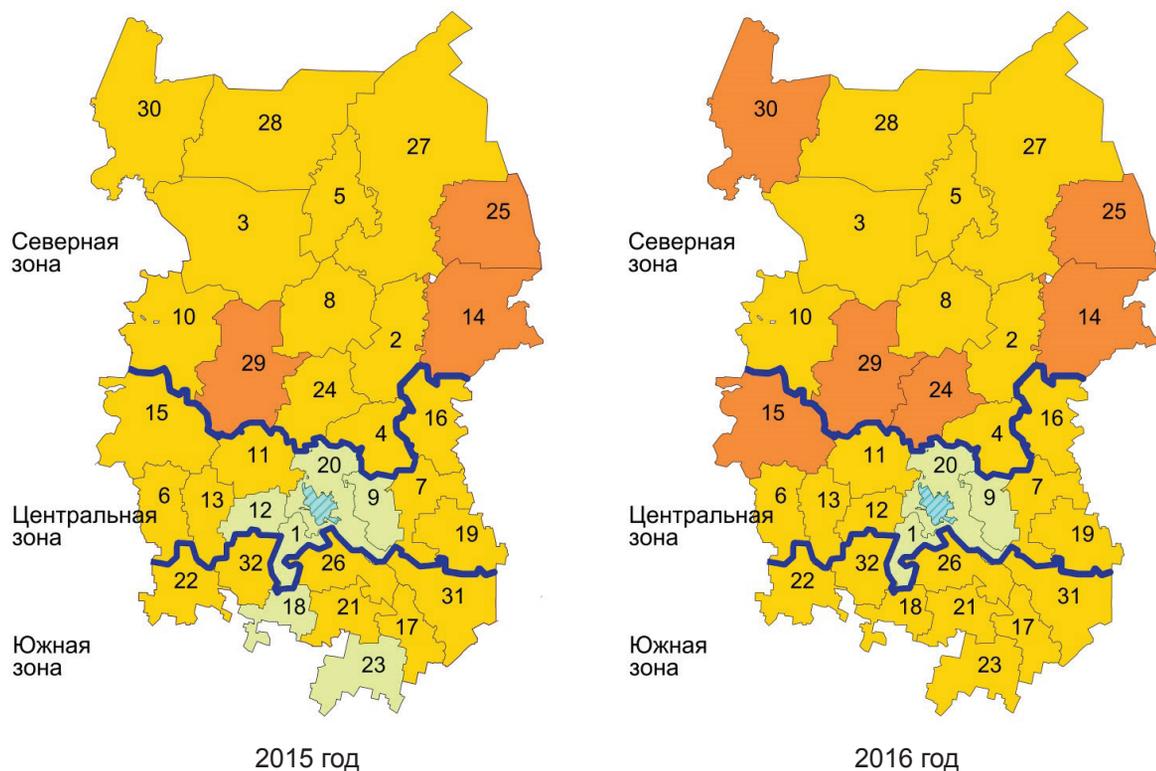


Рисунок 2 – Карты экономической безопасности: интегральный индекс (метод «равные интервалы», 6 интервалов; составлены авторами на основе данных статистики⁵)
Figure 2 – Maps of economic security: integrated index (method of “equal intervals”, 6 intervals)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало вариативность способов определения тенденций социально-экономического развития муниципальных районов в контексте экономической безопасности. Наибольший интерес в этом отношении представляют методы специализированных и равных интервалов. Выделение уровней экономической безопасности позволяет относить муниципальные районы к соответствующим группам и выявлять тенденции их развития, при этом визуаль-

⁵ Основные показатели социально-экономического положения муниципальных образований Омской области [Электронный ресурс] // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Омской области. URL: http://omsk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/omsk/ru/municipal_statistics/main_indicators/ (дата обращения: 28.08.2017 г.).

но эти тенденции лучше воспринимаются на картах муниципальных районов. В развитии муниципальных районов Омской области за 2014–2016 гг. наблюдаются положительные тенденции в экономической сфере, однако они не смогли нивелировать негативную динамику в социальной и финансовой сферах. Интегральный индекс сглаживает противоречия и дает усредненное представление об уровне экономической безопасности. Наилучшие значения интегрального индекса демонстрируют близлежащие к Омску районы (Омский, Азовский немецкий национальный, Кормиловский районы). Большинство же районов Омской области находится на уровне умеренной реализации угроз. Представленные подходы к выбору индикаторов экономической безопасности, к группировке и представлению данных не исчерпывают все возможные способы. Однако полученные результаты означают, что органам муниципальной и региональной власти следует уделить особенное внимание решению социальных задач территориального развития Омской области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Экономическая безопасность региона. Единство теории, методологии исследования и практики / Татаркин А.И., Куклин А.А. и др. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1997. 240 с.
2. Лыскова Н.А. Экономическая безопасность муниципального образования: понятие и сущность // *Инновационная наука*. 2016. № 2-2. С. 21-27.
3. Бугаева М.С. Экономическая безопасность муниципального образования как элемент экономической безопасности государства // *Экономика и предпринимательство*. 2012. № 5 (28). С. 120-122.
4. Мингалева Ж.А., Наумов А.В. Особенности трактовки понятия экономической безопасности муниципального образования // *Вестник Пермского университета*. Серия: Экономика. 2011. № 3. С. 74-77.
5. Малютина А.А. Обеспечение экономической безопасности как фактор устойчивого развития муниципального образования // *Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития*. 2014. № 12. С. 134-143.
6. Орехова Е.А., Плякин А.В. Пространственный анализ и оценка угроз экономической безопасности муниципальных районов // *Бизнес. Образование. Право*. 2017. № 1 (38). С. 68–75.
7. Обухова Н.С. Практика применения аналитического инструментария оценки экономической безопасности муниципального образования // *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2015. Т. 3. № 12. С. 203-209.
8. Раевский С.В. Оценка социально-экономической безопасности муниципальных образований // *Региональная экономика: теория и практика*. 2016. № 6 (429). С. 143-161.
9. Абрамян Н.Ю. Выявление угроз социально-экономической безопасности муниципального образования и прогнозирование их последствий // *Форум*. Серия: Гуманитарные и экономические науки. 2016. № 1 (7). С. 52-57.
10. Кузнецова О.П., Юмаев Е.А. Экономическая безопасность муниципальных районов Омской области: финансово-бюджетный аспект // *Динамика систем, механизмов и машин*. 2007. № 4. С. 41-45.
11. Любовный В.Я. Состояние и проблемы российских городов в контексте понятия экономической безопасности // *Российский экономический журнал*. 2006. № 11-12. С. 25-40.
12. Грязев М.А. Муниципальное образование как объект экономической безопасности // *Известия высших учебных заведений. Уральский регион*. 2008. № 1-2. С. 45-51.
13. Кораблева А.А. Экономическая безопасность региона в системе видов региональной безопасности: уточнение терминологии // *Вестник Томского государственного университета*. Экономика. 2017. № 40. С. 27-40.
14. Jaskulowski K. Beyond national security: The nation-state, refugees and human security. // *Kontakt*. Volume 19. Issue 4, December 2017. pp. 311-316.
15. Hacker J.S., Huber G.A., Nichols A., Rehm Ph., Schlesinger M., Valletta R., Craig S. The economic security index: a new measure for research and policy analysis // *Review of Income and Wealth - Series 60*. Supplement Issue, May 2014. pp. 5-32. DOI: 10.1111/roiw.12053
16. Mun Tang S. Rethinking economic security in a globalized world. // *Contemporary Politics*, 2015. Vol. 21, No. 1, pp. 40–52. DOI: 10.1080/13569775.2014.993910
17. Gryz J., Nowakowska-Krystman A. Creation of the Economic Security of State: National Core Competence // *Review of International Comparative Management*. Volume 15. Issue 5, December 2014. pp. 556-565.
18. Ladysz I. The regional dimension of economic security in the age of globalisation using the example of the Lower Silesian Voivodship.

// Research Papers of Wrocław University of Economics. 2014. No 334. pp. 118-127. DOI: 10.15611/pn.2014.334.11

19. Udrescu M.A., Barbu C.M., Ganea M. Influence of globalization upon economic security. // Annals of Eftimie Murgu University Resita, Fascicle II, Economic Studies. 2012, pp. 156-166.

20. Кораблева А.А., Карпов В.В. Индикаторы экономической безопасности региона // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2017. №3. С. 36-42.

21. Логинов К.К., Кораблева А.А., Карпов В.В. Экономическая безопасность регионов Сибирского федерального округа // Наука о человеке : гуманитарные исследования. 2017. № 1 (31). С. 141-150.

22. Митяков С.Н., Митяков Е.С., Романова Н.А. Экономическая безопасность регионов Приволжского федерального округа // Экономика региона. 2013. № 3 (35). С. 81-91.

23. Киселева А.М. Миграционная безопасность Омской области: молодежный аспект // Вестник СибАДИ. 2018. № 15(1). С. 121-132.

24. Орехова Е.А., Плякин А.В. Карты Воронежского в исследовании пространственной структуры экономической безопасности муниципальных районов // Бизнес. Образование. Право. 2017. № 1 (38). С. 61-67.

25. Логинов К.К. Анализ индикаторов региональной экономической безопасности // Вестник СибАДИ. 2015. № 2 (42). С. 132-139.

26. Теория и практика оценки экономической безопасности (на примере регионов Сибирского федерального округа) / под общ. ред. В.В. Карпова, А.А. Кораблевой. Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2017. 146 с.

REFERENCES

1. Tatarkin A.I., Kuklin A.A. E`konomicheskaya bezopasnost` regiona. Edinstvo teorii, metodologii issledovaniya i praktiki [Economic security of the region. Unity of the theory, methodology of research and practice]. Ekaterinburg : Izd-vo Ural. un-ta, 1997. 240 p.

2. Ly`skova N.A. E`konomicheskaya bezopasnost` municipal`nogo obrazovaniya: ponyatie i sushhnost` [Economic security of municipal formation: concept and essence]. Innovacionnaya nauka, 2016, no. 2-2. pp. 21-27.

3. Bugaeva M.S. E`konomicheskaya bezopasnost` municipal`nogo obrazovaniya kak e`lement e`konomicheskoy bezopasnosti gosudarstva [Economic security of the municipal for-

mation as an element of the state economic security]. E`konomika i predprinimatel`stvo, 2012, no. 5 (28), pp. 120-122.

4. Mingaleva Zh.A., Naumov A.V. Osobenno-sti traktovki ponyatiya e`konomicheskoy bezopasnosti municipal`nogo obrazovaniya [Features of the interpretation of the economic security concept of the municipal formation]. Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: E`konomika, 2011, no. 3, pp. 74-77.

5. Malyutina A.A. Obespechenie e`konomicheskoy bezopasnosti kak faktor ustojchivogo razvitiya municipal`nogo obrazovaniya [Maintenance of economic safety as the factor of a sustainable development of municipal formation]. E`konomika i upravlenie: analiz tendencij i perspektiv razvitiya, 2014, no. 12, pp.134-143.

6. Orexova E.A., Plyakin A.V. Prostranstvenny`j analiz i ocenka ugroz e`konomicheskoy bezopasnosti municipal`ny`x rajonov [Spatial analysis and assessment of threats to economic security of municipal districts]. Biznes. Obrazovanie. Pravo, 2017, no. 1 (38), pp.68-75.

7. Obuxova N.S. Praktika primeneniya analiticheskogo instrumentariya ocenki e`konomicheskoy bezopasnosti municipal`nogo obrazovaniya [The practice of applying analytical tools for assessing the economic security of municipal formation]. E`konomika i upravlenie: problemy`, resheniya, 2015, T. 3, no. 12. pp.203-209.

8. Raevskij S.V. Ocenka social`no-e`konomicheskoy bezopasnosti municipal`ny`x obrazovanij [Assessment of socio-economic security of municipalities]. Regional`naya e`konomika: teoriya i praktika, 2016, no. 6 (429), pp.143-161.

9. Abramyan N.Yu. Vy`yavlenie ugroz social`no-e`konomicheskoy bezopasnosti municipal`nogo obrazovaniya i prognozirovaniye ix posledstvij [Identification of threats to the social and economic security of the municipal formation and forecasting their consequences]. Forum. Seriya: Gumanitarny`e i e`konomicheskie nauki, 2016, no. 1 (7), pp.52-57.

10. Kuzneczova O.P., Yumaev E.A. E`konomicheskaya bezopasnost` municipal`ny`x rajonov Omskoj oblasti: finansovo-byudzhetyj aspekt [Economic security of municipal districts of Omsk region: financial and budgetary aspect]. Dinamika sistem, mexanizmov i mashin, 2007, no. 4, pp.41-45.

11. Lyubovny`j V.Ya. Sostoyanie i problemy` rossijskix gorodov v kontekste ponyatiya e`konomicheskoy bezopasnosti [Condition and problems of Russian cities in the context of the concept of

economic security]. Rossijskij e`konomicheskij zhurnal, 2006, no. 11-12, pp.25-40.

12. Gryazev M.A. Municipal'noe obrazovanie kak ob`ekt e`konomicheskoy bezopasnosti [Municipal formation as an object of economic security]. Izvestiya vy`sshix uchebny`x zavedenij. Ural'skij region, 2008, no. 1-2. pp.45-51.

13. Korableva A.A. E`konomicheskaya bezopasnost' regiona v sisteme vidov regional'noj bezopasnosti: utocnenie terminologii [Economic security of the region in the system of types of regional security: clarification of terminology]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. E`konomika, 2017, no. 4, pp. 27-40.

14. Jaskulowski K. Beyond national security: The nation-state, refugees and human security. Kontakt. Volume 19. Issue 4, December 2017. pp. 311-316.

15. Hacker J.S., Huber G.A., Nichols A., Rehm Ph., Schlesinger M., Valletta R., Craig S. The economic security index: a new measure for research and policy analysis // Review of Income and Wealth - Series 60. Supplement Issue, May 2014. pp. 5-32. DOI: 10.1111/roiw.12053

16. Mun Tang S. Rethinking economic security in a globalized world. // Contemporary Politics, 2015. Vol. 21, No. 1, pp. 40–52. DOI: 10.1080/13569775.2014.993910

17. Gryz J., Nowakowska-Krystman A. Creation of the Economic Security of State: National Core Competence. // Review of International Comparative Management. Volume 15. Issue 5, December 2014. pp. 556-565.

18. Ladysz I. The regional dimension of economic security in the age of globalisation using the example of the Lower Silesian Voivodship. // Research Papers of Wrocław University of Economics. 2014. No 334. pp. 118-127. DOI: 10.15611/pn.2014.334.11

19. Udrescu M.A., Barbu C.M., Ganea M. Influence of globalization upon economic security. // Annals of Eftimie Murgu University Resita, Fascicle II, Economic Studies. 2012, pp.156-166.

20. Korableva A.A., Karpov V.V. Indikatory e`konomicheskoy bezopasnosti regiona [Indicators of economic security of the region]. Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informacionny`x tehnologij, 2017, no. 3, pp. 36-42.

21. Loginov K.K., Korableva A.A., Karpov V.V. E`konomicheskaya bezopasnost' regionov Sibirskogo federal'nogo okruga [Economic security of the regions of Siberian Federal District]. Nauka

o cheloveke: gumanitarny`e issledovaniya, 2017, no. 1 (31), pp.141-150.

22. Mityakov S.N., Mityakov E.S., Romanova N.A. E`konomicheskaya bezopasnost' regionov Privolzhskogo federal'nogo okruga [Economic security of the regions of Volga Federal District]. E`konomika regiona, 2013, no. 3 (35), pp.81-91.

23. Kiseleva A.M. Migracionnaya bezopasnost' Omskoj oblasti: molodezhny`j aspekt [Migratory security of Omsk region: youth aspect]. Vestnik SibADI, 2018, no. 15(1), pp.121-132.

24. Orexova E.A., Plyakin A.V. Karty` Voronogo v issledovanii prostranstvennoj struktury` e`konomicheskoy bezopasnosti municipal'ny`x rajonov [Voronoi maps in the study of spatial structure of economic security of municipal districts]. Biznes. Obrazovanie. Pravo, 2017, no. 1 (38), pp.61-67.

25. Loginov K.K. Analiz indikatorov regional'noj e`konomicheskoy bezopasnosti [Analysis of indicators of regional economic security]. Vestnik SibADI, 2015, no. 2 (42), pp.132–139.

26. Teoriya i praktika ocenki e`konomicheskoy 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)] / pod obsh. red. V.V. Karpova, A.A. Korablevoj. Novosibirsk : Izd-vo IE`OPP SO RAN, 2017. 146 p.

Поступила 27.04.2018, принята к публикации 25.06.2018.

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

Кorableва Анна Александровна (Омск) – заведующая сектором методов исследования проблем развития регионов Омский научный центр СО РАН (644010, Россия, Омск, пр. Карла Маркса, 15 e-mail: aakorableva@bk.ru).

Шевелева Ольга Геннадьевна (Омск) – старший преподаватель кафедры «Математические методы и информационные технологии в экономике», ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет» (644050, Россия, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: osh_a@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Korableva Anna Aleksandrovna – Head of the Methods of Regional Development Research Division, OSC SB RAS (644010, Russia, Omsk, 15, Karl Marks Ave., e-mail: aakorableva@bk.ru).

Sheveleva Olga Gennadevna – Senior Lecturer of the Mathematical Methods and Information Technologies in Economics Department, Omsk State Technical University (644010, Russia, Omsk, 11, Mira Ave., e-mail: osh_a@mail.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Кorableва А.А. Постановка исследовательской проблемы. Разработка методики определения тенденций развития муници-

пальных районов в контексте экономической безопасности.

Шевелева О.Г. Расчет индексов экономической безопасности. Построение карт экономической безопасности.

AUTHOR CONTRIBUTION

Korableva A.A. Statement of the research problem. Development of a methodology for determining trends in the development of municipal areas in the context of economic security.

Sheveleva O.G. Calculation of economic security indexes. Construction of economic security maps.

УДК 331.101, 338.4

ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КАЧЕСТВА ТРУДОВОЙ ЖИЗНИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУДА РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М.С. Мизя, Е.П. Тевс
ФГБОУ ВО «ОмГТУ»,
г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Данная статья посвящена анализу динамики показателей, характеризующих уровень качества трудовой жизни в промышленной отрасли России, с целью определения и оценки силы влияния качества трудовой жизни на экономическую эффективность труда.

Материалы и методы. На основе анализа существующих методик оценки качества трудовой жизни и данных официальной статистики определена система показателей за период с 2005 по 2015 годы, отражающих основные элементы качества трудовой жизни. По средствам корреляционного анализа выделены наиболее значимые показатели, характеризующие элементы качества трудовой жизни и имеющие тесную связь с эффективностью труда.

Результаты и обсуждение. Выявлено, что наибольшее влияние на эффективность труда оказывают социальные гарантии, достойная заработная плата и безопасные условия труда, т.е. объективные характеристики качества трудовой жизни. А субъективные характеристики, такие как, удовлетворенность трудом и возможности самовыражения и самореализации, несмотря на длительный период развития рыночной экономики, продолжают играть второстепенную роль. Это подтверждает тот факт, что основной блок качества трудовой жизни для работников промышленности не обеспечен в полной мере, что является сдерживающим фактором роста эффективности труда.

Заключение. Результаты данного исследования свидетельствуют о наличии резервов повышения эффективности труда на основе применения современных методов организации производства для обеспечения экономических условий достойного труда работников промышленности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эффективность труда, социальная эффективность труда, качество трудовой жизни, показатели качества трудовой жизни, элементы качества трудовой жизни, условия труда, вознаграждение за труд, удовлетворенность трудом, корреляционный анализ, промышленность.

© М.С. Мизя, Е.П. Тевс, 2018



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ASSESSMENT OF IMPORTANCE OF WORKING LIFE QUALITY ELEMENTS WHILE LABOR EFFICIENCY RESEARCH OF INDUSTRIAL WORKERS

M. S. Mizya, E.P. Tevs

Omsk State Technical University, Omsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. The article is devoted to analysis of the indicators' dynamic that characterizes the quality of working life level in the Russian industrial sector. The aim of research is to identify and assess the influence of working life quality on economic efficiency of labor.

Methods. The system of indicators for the period from 2005 to 2015 is determined on the basis of the analysis of existing assessment methods of working life quality and on official statistics data, which reflects the main elements of working life quality. Therefore, the most significant indicators of working life elements in terms of labor efficiency are determined by means of correlation analysis.

Results. It is revealed that social guarantees, decent wages and safe working conditions, i.e. objective characteristics of working life quality, have the greatest impact on labor efficiency. As a result, the subjective characteristics such as job satisfaction and opportunities for self-expression and self-realization, despite the long period of the market economy development, continue to play a secondary role. The demonstrated problem confirms the fact that the main block of working life quality for industrial workers is not fully ensured and is deterrent to the growth of labor efficiency as a socio-economic category.

Discussion and conclusions. The results of this research indicate the availability of reserves to improve labor efficiency through the usage of modern methods of production organization to ensure economic conditions of decent work of industrial workers.

KEYWORDS: labor efficiency, social labor efficiency, working life quality, indicators of working life quality, quality of working life elements, working conditions, remuneration for work, job satisfaction, correlation analysis, industry.

© M. S. Mizya, E.P. Tevs, 2018



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

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность труда представляет собой обобщающий показатель эффективности производства в целом. В широком смысле эффективность – это «социально-экономическая категория, определяющая степень достижения той или иной цели (эффекта), соотношенная со степенью рациональности расходования используемых при этом ресурсов» [1].

При анализе эффективности использования трудового потенциала главенствующая роль принадлежит социальной и экономической эффективности труда. Социальные эффекты имеют достаточно большое значение и в плане оценки и истолкования эффективности труда. Понятие экономической эффективности труда близко по значению к производительности труда, но является более широким по содержанию, так как характеризует весь спектр продуктивности труда. Эффективность труда – это отношение полезного результата трудовой деятельности к величине затрат труда на его получение с учетом объема и качества труда, отражающее уровень использования производительных сил и развития производственных отношений. Важным представляется не только объем работ в единицу времени, но и структура трудовых затрат в их количественном и качественном выражении.

Еще в 90-е годы советские ученые А.Г. Войтов, В.Г. Афанасьев, В.С. Хабаров, Ю.И. Черняк и др. [2] уделяли особое внимание значимости измерения таких аспектов эффективности, как экономический, технический, научный, социальный, соответствующих различным видам трудовой деятельности, сравнения и соизмерения между собой различных вариантов этих трудовых процессов. Исследования социальных аспектов эффективности труда приобретают все большую актуальность в рамках социально-экономических аспектов повышения уровня и качества жизни.

Если рассматривать социальную эффективность на макро-уровне, то она отражает устойчивое развитие социально-экономической системы и создание потенциала для будущего, главным элементом которого является человек. Следовательно, социальная эффективность труда представляет собой достойный уровень и качество жизни человека – возможность быстро и своевременно восстанавливать работоспособность, доступность образования, здравоохранения, развитость социальной сферы.

На микро-уровне социальный эффект следует рассматривать как социальные условия, которые обеспечивают возможность самореализации работников в профессиональной деятельности, а именно: участие работников в управлении, их обучение, возможность карьерного роста, совершенствование организации труда и многое другое. В результате трудовой потенциал получает максимальное развитие, а предприятие – повышение как социальной, так и экономической эффективности труда. При этом необходимо отметить, что оценка социальной эффективности труда весьма проблематична. В качестве критериев социальной эффективности выступают удовлетворенность трудом или гуманность труда, но ее измерение осуществляется через производные показатели, такие как, абсентеизм, состояние здоровья, продуктивность и т.п. Социальная эффективность может оцениваться с точки зрения субъективных мнений руководства и работников, но в данном случае проблематичен сравнительный анализ [1].

Отражение изменений в условиях, в содержании труда и в уровне дифференциации оплаты труда (вознаграждения за труд) – это составляющие социальной эффективности труда. Сюда можно отнести повышение квалификации, усиление творческого характера труда, а применительно к обществу в целом – более широкий круг условий его социально-экономического развития.

Таким образом, критерием оценки, обобщающим все составляющие социальной эффективности труда на макро- и микро-уровне, выступает качество трудовой жизни, которое является комплексным стимулом к качественному и эффективному труду. Концепция качества трудовой жизни подразумевает, что решающая роль в повышении эффективности труда принадлежит человеку, а условия, в которых осуществляется трудовая деятельность, определяют эффективность реализации его способностей и потенциала.

Качество трудовой жизни представляет собой субъективную оценку объективных свойств элементов производственной среды и трудового процесса, определяющих трудовую активность, степень удовлетворения потребностей и социальную защищенность человека через деятельность в организации, регулируемую на всех уровнях социально-трудовых отношений [3].

По мнению В.Ф. Потуданской в российских условиях следует выделить два блока эле-

ментов качества трудовой жизни: «основной» и «дополнительный»¹. Первый включает обеспечение занятости работников, оплату труда, стимулирование труда, создание безопасных и здоровых условий труда, т.е. элементы, характеризующие объективную сторону качества трудовой жизни. Второй блок обеспечивает условия для более полной реализации трудового потенциала через повышение содержательности труда, развитие трудовой демократии, целенаправленное изменение отношения к труду, обеспечение удовлетворенности трудом, т.е. характеристики субъективной стороны качества трудовой жизни, которые отражают степень реализации интересов работника.

Таким образом, качество трудовой жизни – это совокупность условий труда, организации процесса производства и охраны труда, обеспечивающая удовлетворение социально-трудовых потребностей, что, в свою очередь, обеспечивает реализацию трудового потенциала наемных работников и интересов собственников: повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции, снижение материальных затрат и др. [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для оценки качества трудовой жизни необходимо рассмотреть ряд показателей, характеризующих основные элементы качества трудовой жизни: справедливое вознаграждение за труд; безопасные условия труда; создание условий для самовыражения и самореализации; обеспечение трудовой демократии и правовой защищенности; создание условий для профессионального роста [5].

Учитывая ограниченность определенных статистических данных, и проанализировав различные методики оценки качества трудовой жизни в отечественных и зарубежных исследованиях [6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13], рассмотрим показатели, наиболее близко отражающие составляющие элементы качества трудовой жизни (на примере промышленности) и проверим их взаимосвязь с экономической эффективностью труда.

Основные элементы качества трудовой жизни могут быть представлены в виде следующих блоков показателей (таблица 1): Гарантии занятости, представлены показателем

уровня безработицы в экономике (X11, % от численности рабочей силы), сальдо принятых и выбывших работников в промышленности (X12, тысяч человек).

– Вознаграждение за труд является важнейшей составляющей качества трудовой жизни и отражает уровень удовлетворения потребностей работника, особенно учитывая российскую специфику. Данный блок представлен показателем среднемесячной номинальной начисленной заработной платой (X21, рублей).

– Безопасные и здоровые условия труда, создание которых является приоритетной задачей любого предприятия, т.к. обеспечивают сохранность и развитие трудового потенциала. Данный блок представлен следующими показателями: коэффициент частоты травматизма в экономике (X31, число получивших травмы на 1000 работающих), коэффициент тяжести травматизма в экономике (X32, число дней нетрудоспособности, на одну травму), занятые на работах с вредными и (или) опасными условиями труда по промышленности (X33, % от общей численности работников), занятые под воздействием фактора тяжести трудового процесса (X34, % от общей численности работников).

– Уровень механизации и автоматизации труда, отражен через показатель электрооруженности труда в промышленности, играет значимую роль в повышении производительности труда (X41, тысяч кВт/час на одного рабочего).

– Гибкость использования рабочего времени, представлена показателем средней фактической продолжительности рабочего времени работников списочного состава организаций (X51, часов в год на одного работника).

– Удовлетворенность трудом (трудовая мобильность) носит субъективный характер, поэтому отражен посредством косвенных показателей трудовой мобильности: коэффициент текучести кадров в промышленности (X61, %), выбытие работников промышленности по собственному желанию (X62, в % от общей численности выбывших), численность занятых в промышленности по стажу на последнем месте работы с 5 лет и более (X63, % от числа всех занятых в отрасли).

¹ Потуданская В.Ф. Качество трудовой жизни как индикатор социально-экономического положения региона// Актуальные проблемы труда и социальной политики: материалы регион. науч.-практ. конф. Омск, 2003. 9-11 с.

Таблица 1
Динамика показателей качества трудовой жизни и эффективности труда в промышленности России
Table
Dynamics of indicators of working life quality and labor efficiency in Russian industry

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Y	490,45	608,37	724,14	879,38	853,72	1071,87	1279,56	1448,69	1553,29	1722,50	1953,28
Эффективность труда											
Гарантии занятости											
X11	7,1	7,1	6	6,2	8,3	7,3	6,5	5,5	5,5	5,2	5,6
X12	-411,80	-231,99	-148,10	-568,02	-842,70	-71,00	-104,40	-127,50	-244,50	-309,50	-256,90
Вознаграждение за труд											
X21	12928,33	15390,67	18858	22771	24500	27709,67	31293	34783,33	37812,33	41092,67	44156,67
Безопасные и здоровые условия труда											
X31	5,36	4,94	4,62	4,13	3,44	3,59	3,28	3,06	2,72	2,45	2,20
X32	32,2	32,9	41,2	46,7	47,3	45,9	48,4	45,6	47,4	48,7	48,6
X33	24,90	25,81	26,96	28,39	29,69	31,27	33,03	34,64	35,25	42,24	42,73
X34	5,40	6,01	7,58	8,49	9,34	10,39	11,84	12,91	13,55	15,74	17,29
Уровень механизации и автоматизации труда											
X41	72,40	72,10	74,20	76,90	78,37	84,20	86,17	91,60	94,13	91,87	92,57
Гибкость использования рабочего времени											
X51	1721,6	1731,267	1738,767	1731,133	1669,933	1721,4	1727,6	1738,567	1726,633	1726,467	1725,033
Удовлетворенность трудом (трудова́я моби́льность)											
X61	28,89	28,31	27,85	29,62	27,15	23,96	24,65	24,18	24,28	24,63	22,63
X62	64,77	66,62	70,35	70,67	61,45	66,92	68,00	70,59	69,49	66,93	65,78
X63	н/д	н/д	н/д	н/д	63,36	61,82	61,32	63,30	62,92	64,07	64,48
Создание условий для самовыражения и самореализации											
X71	231	255	265	239	228	238	280	274	266	275	371
X72	43524	59856	56759	52042	49042	51807	52004	52071	52232	49358	53868
X73	15847,9	35118,5	41225,5	40317,3	50129,3	63430,3	106828,6	124703,9	154197,5	174319,4	219312,9

Источник: составлено авторами на основе данных Росстата²

² Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. Режим доступа: <http://www.gks.ru>

– Создание условий для самовыражения и самореализации. В связи с тем, что статистическая информация по переподготовке кадров и повышения квалификации сотрудников представлена выборочными исследованиями, то наиболее целесообразным для оценки данного блока будем использовать показатели, характеризующие научно-исследовательскую деятельность предприятий: число промышленных организаций, имевших научно-исследовательские, проектно-конструкторские подразделения, выполнявших научные исследования и разработки (X71, единицы); численность персонала, выполнявшего научные исследования и разработки (X72, человек); объем научно-технических работ, выполненных собственными силами (X73, млн. рублей).

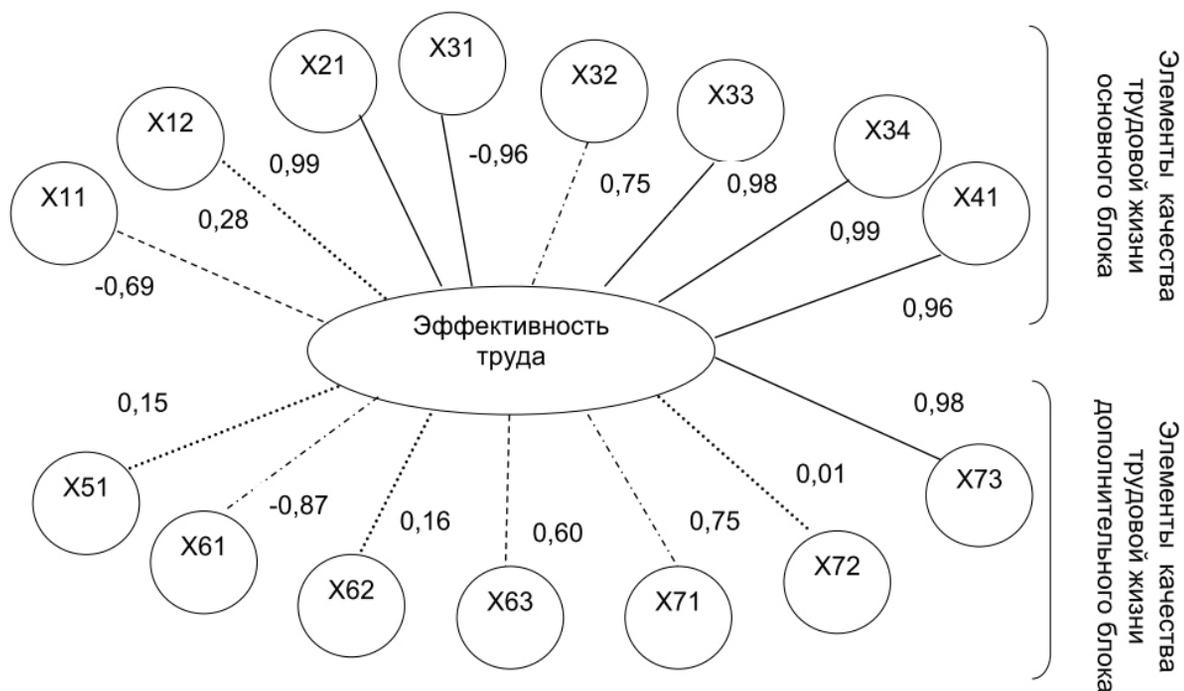
По всем приведенным показателям был проведен анализ за период с 2005 по 2015 гг. Для выявления связи показателей качества

трудовой жизни и экономической эффективности труда было взято отношение валовой добавленной стоимости промышленного производства к среднегодовой численности работников данной отрасли (Y, тысяч рублей) за аналогичный период.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На основе корреляционного анализа абсолютных величин были отобраны показатели с коэффициентом выше 0,75 (высокая сила корреляционной связи) при условии, что t-критерий выше критического для $p < 0,05$. По результатам составлена корреляционная модель уровней связи показателей качества трудовой жизни и эффективности труда (рисунок).

Уровень безработицы имеет корреляцию с эффективностью труда - 0,69 ($< 0,75$), но необходимо учесть существенное отрицательное влияние данного показателя на эф-



Уровни связи: ———— весьма высокая (выше 0,9); — · — · — высокая (от 0,7 до ,09);
— — — заметная (от 0,5 до 0,7); ······ слабая (> 0,3).

Рисунок – Корреляционная модель уровней связи показателей качества трудовой жизни и эффективности труда*

Figure – Correlation model of levels' interrelation between indicators of working life quality and labor efficiency

Источник: составлено авторами на основе корреляционного анализа

фективность труда. Более высокий уровень безработицы свидетельствует о снижении производства в целом и как следствие и эффективности труда, т.к. наблюдается в период дестабилизации экономики.

Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата имеет корреляцию 0,99, данная связь весьма предсказуема, т.к. вознаграждение за труд является основополагающим для обеспечения эффективности труда. Так же следует отметить, что заработная плата в промышленности в среднем на 30% выше среднероссийского уровня.

Безопасные и здоровые условия труда представляют неотъемлемые факторы трудового процесса, отражающие объективную сторону качества трудовой жизни и создание оптимальных условий, обеспечивающих реализацию трудового потенциала работников. Коэффициент частоты травматизма имеет отрицательную связь с эффективностью труда (-0,96). Действительно более низкий уровень травматизма (с 2005 по 2015г. сократился почти в 2,5 раза) свидетельствует об обеспечении более высокого уровня безопасности труда, о необходимой индивидуальной защите, о соблюдении техники безопасности, что в свою очередь, ведет к росту производительности труда и сокращению потерь рабочего времени по причине нетрудоспособности. Но стоит отметить, что тяжесть травматизма за аналогичный период увеличилась в 1,5 раза, таким образом, меры, направленные на повышение безопасности, сократили число мелких травм, но крупные аварии, связанные с человеческим фактором все же присутствуют.

Промышленное производство в большей части связано с тяжелыми и вредными условиями труда (особенно добывающая промышленность), а следовательно, развитие промышленности ведет к росту числа занятых на работах с вредными и опасными условиями труда (с 2005 по 2015 гг. количество занятых выросло почти в 2 раза). Об этом свидетельствует и положительная корреляция (0,97) между долей занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда и эффективностью труда и долей занятые под воздействием факторов трудового процесса тяжести (корреляция 0,99), т.е. рост объема выпуска промышленности в значительной мере достигается за счет увеличения численности работников в тяжелых условиях труда.

Развитие механизации и автоматизации труда ведет к повышению производительности труда за счет высвобождения части рабочей силы. Уровень автоматизации труда косвенным образом отражает показатель электровооруженности труда, который в значительной степени коррелирует с эффективностью труда (корреляция 0,95), тем самым подтверждая вышесказанное.

Показатель текучести кадров и доля занятых в промышленности со стажем работы на последнем месте работы более 5 лет в некоторой степени характеризует уровень удовлетворенности трудом через трудовую мобильность, корреляция с эффективностью труда составила – 0,87 и 0,60 соответственно. Таким образом, чем выше стабильность персонала, тем выше эффективность труда, т.к. сокращаются расходы на поиск и обучение персонала.

Уровень научно-исследовательской работы предприятия свидетельствует о возможности самореализации и самовыражения для сотрудников, что ведет к повышению качества трудовой жизни и в следствие к повышению эффективности труда. Число промышленных организаций, имевших научно-исследовательские, проектно-конструкторские подразделения, выполнявших научные исследования и разработки имеет коэффициент корреляции с эффективностью труда 0,75, а показатель объема научно-технических работ, выполненных собственными силами 0,98, что характеризует высокую степень связи между эффективностью труда и возможностью самореализации сотрудников.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Поводя итог проведенному исследованию можно отметить, что наиболее тесная связь с результирующим показателем эффективности труда прослеживается среди показателей, характеризующих элементы качества трудовой жизни основного блока: среднемесячной номинальной начисленной заработной платой, коэффициентом частоты травматизма, долей занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда по промышленности и под воздействием фактора тяжести трудового процесса, а также уровнем электровооруженности труда в промышленности, характеризующим степень механизации и автоматизации труда. Таким образом, экономический рост в России генерируется на основе создания рабочих мест, не отвечающих требованиям до-

стойного труда с точки зрения их безопасности. Высокая степень корреляционной связи с показателями автоматизации производства показывает усилия предприятий по обновлению производственных фондов до современного уровня, при этом низкие абсолютные значения заработной платы работников говорят о наличии существенных резервов повышения производительности труда на основе применения современных методов организации производства для обеспечения экономических условий достойного труда работников промышленности.

Показатели дополнительного блока качества трудовой жизни демонстрируют меньшую тесноту связи с эффективностью труда, что обусловлено, с одной стороны, косвенным характером их влияния на производство продукции, с другой стороны, вторичностью по отношению к основному блоку, реализация которого, как следует из результатов обработки статистических данных по промышленности, остается неполной. Исключение составляют коэффициент текучести кадров в промышленности, показывающий высокое влияние стабильности персонала на эффективность труда и объем научно-технических работ, выполненных собственными силами, как критерий оценки возможностей самореализации и самовыражения работников. Таким образом, подтверждается значимость инновационной активности работников на отраслевом уровне и необходимость развития качества трудовой жизни как среды для реализации творческого потенциала персонала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Потуданская В.Ф., Мизя М.С. Эффективность труда персонала инновационно активного предприятия: социотехнологический подход / Минобрнауки России; ОмГТУ. М.: Экономика, 2016. 228 с.: ил.
2. Войтов А.Г. Эффективность труда и хозяйственной деятельности. Методология измерения и оценки. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2010. 232 с.
3. Жулина Е.Г. Теоретические подходы к содержанию качества трудовой жизни // Вестник саратовского государственного социально-экономического университета. 2009. № 4. С. 107-110.
4. Зонова О.В. Терминологическая дифференциация дефиниций «качество трудовой деятельности» и «качество трудовой жизни»

// Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2017. № 38. С. 82-88. DOI: 10.17223/19988648/38/8

5. Цыганков В.А. Теория и методология исследования качества трудовой жизни. М.: Экономика, 2006. 280 с.
 6. Зонова О.В. Интегральная оценка качества социально-трудовой жизни наемных работников региона // Вестник ВГУ. Серия: Экономика и управление. 2011. №1. С. 66-71
 7. Магун В.С. Два типа соотношения продуктивности труда и удовлетворенности работой // Социологические исследования. 1983. № 4. С. 64-71
 8. Полкова Т.В. К оценке качества трудовой жизни населения // Вестник РГНФ. 2014. № 2. С. 42-51
 9. Цыганкова И.В. Качество трудовой жизни молодежи в современной России. М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2009. – 388 с.
 10. 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
 11. Denvir A., Hillage J., Cox A., Sinclair A., Pearmain D. Quality of Working Life in the UK. – Institute for Employment Studies, 2008, ISBN: 978-1-85184-394-7, URL: <https://www.employment-studies.co.uk/resource/quality-working-life-uk>
 12. Erdem M. The Level of Quality of Work Life to Predict Work Alienation, Educational Sciences: Theory & Practice, 2014, 14(2), pp. 534-544, DOI: 10.12738/estp.2014.2.2126
 13. Sojka L. Specification of the Quality of Work Life Characteristics in the Slovak Economic Environment, Sociológia 2014. Vol. 46. № 3. pp. 283-299
- #### REFERENCES
1. Potudanskaya V.F., Misya M.S. Ehfektivnost' truda personala innovacionno aktivnogo predpriyatiya: sociotekhnologicheskij podhod [Efficiency of the personnel of innovation active enterprises: a socio-technological approach], Ministry of Education and Science, Omsk State Technical University. Moscow: Economics, 2016. 228 p.
 2. Vojtov A.G. Ehfektivnost truda i hozyajstvennoj deyatel'nosti. Metodologiya izmereniya i

ocenki [Efficiency of labor and economic activity. The methodology of evaluation and measurement]. Moscow, Izdatel'sko-torgovaya korporaciya «Dashkov i K», 2010, p. 232

3. Zhulina E.G. Teoreticheskie podhody k sodержaniyu kachestva trudovoj zhizni [Theoretical approaches to working life quality], Vestnik of Saratov State Socio-Economic University, 2009, № 4, pp. 107-110

4. Zonova O.V. Terminologicheskaja differenciacija definicij «kachestvo trudovoj dejatel'nosti» i «kachestvo trudovoj zhizni» [Terminological differentiation of definitions «working activity quality» and «working life quality»]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika – Tomsk State University Journal of Economics, 2017, no 38, pp. 82–90. DOI: 10.17223/19988648/38/8

5. Tsygankov V.A. Teoriya i metodologiya issledovaniya kachestva trudovoj zhizni [Theory and methodology of working life quality investigation], Feder. agentstvo po obrazovaniyu, Omskij gos. tekhn. un-t. Moscow: Economy, 2006. 280 p.

6. Zonova O.V. Integral'naya ocenka kachestva social'no-trudovoj zhizni naemnyh rabotnikov regiona [Integrated assessment of the quality of social and labor life of hired employees in the region], Vestnik VGU. Seriya: Ekonomika i upravlenie, 2011, №1 p. 66-71

7. Magun V.S. Dva tipa sootnosheniya produktivnosti truda i udovletvorennosti rabotoj [Two types of correlations between labour productivity and job satisfaction], Sotsiologicheskie Issledovaniia, 1983, № 4, pp. 64-71

8. Polkova T.V. K ocenke kachestva trudovoj zhizni naseleniya [To the assessment of working life quality of population]. Vestnik RGNF, 2014, no. 2, pp. 42-51.

9. Tsygankova I.V. Kachestvo trudovoj zhizni molodezhi v sovremennoj Rossii [Quality of young people working life in modern Russia], feder. agentstvo po obrazovaniyu, GOU VPO «Omskij gos. tekhn. un-t.». Moscow: ZAO «Izdatel'stvo «Ekonomika», 2009. 388 p.

10. 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, http://www.iahrw.com/index.php/home/journal_detail/19#list

11. Denvir A., Hillage J., Cox A., Sinclair A.,

Pearmain D. Quality of Working Life in the UK. – Institute for Employment Studies, 2008, ISBN: 978-1-85184-394-7, URL: <https://www.employment-studies.co.uk/resource/quality-working-life-uk>

12. Erdem M. The Level of Quality of Work Life to Predict Work Alienation, Educational Sciences: Theory & Practice, 2014, 14(2), pp. 534-544, DOI: 10.12738/estp.2014.2.2126

13. Sojka L. Specification of the Quality of Work Life Characteristics in the Slovak Economic Environment // Sociológia 2014. Vol. 46. № 3. pp. 283-299

Поступила 16.05.2018, принята к публикации 25.06.2018.

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

Мизя Максим Сергеевич (г. Омск, Россия) – кандидат экономических наук, ResercherID: D-8322-2014, ORCID: 0000-0002-1251-9606, SPIN – код 4977-1167, доцент кафедры «Экономика и организация труда» Омского государственного технического университета (644050, Омск пр. Мира, 11, e-mail: iidmax@gmail.com).

Тевс Екатерина Петровна (г. Омск, Россия) – SPIN - код 9770-4435, магистрант, кафедры «Экономика и организация труда» Омского государственного технического университета (644050, Омск пр. Мира, 11, e-mail: kykelkate@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Misya M.S. (Omsk, Russian Federation) – Ph.D in Economic Sciences, ResercherID: D-8322-2014, ORCID: 0000-0002-1251-9606, SPIN - code 4977-1167, Associate Professor, Department of Economics and Organization of Labour, Omsk State Technical University (644050, Omsk, 11, Mira Ave., e-mail: iidmax@gmail.com).

Tevs E.P. (Omsk, Russian Federation) – SPIN - code 9770-4435, Master Student, Department of Economics and Organization of Labour, Omsk State Technical University (644050, 11, Mira Ave., e-mail: kykelkate@mail.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Мизя М.С. Постановка исследовательской проблемы. Определение методики исследования. Обоснование полученных результатов исследования.

Тевс Е.П. Раскрытие методики исследования. Аналитическая обработка информации на основе статистических данных. Анализ результатов исследования, редактирование и оформление статьи.

AUTHOR CONTRIBUTION

Misya M.S. Statement of the research problem. Determination of the research methodology. Justification of the research results.

Tevs E.P. Disclosure of the research methodology. Analytical processing of information on the basis of statistical data. Analysis of the research results, editing and design of the article.

УДК 338.47:656.07

МЕТОДОЛОГИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕСУРСНОЙ СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ: КОНКУРЕНТНЫЙ РЕЙТИНГ

Н.Н. Чепелева
ГБОУ ВО «СибАДИ»,
г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье рассмотрены основные структурные элементы стратегического планирования на предприятиях грузового автотранспорта, особенно актуального в свете международных политических процессов, связанных с мировым кризисом и антироссийскими санкциями, отразившимися на конкурентоспособности и устойчивости работы предприятий. Это вынудило искать источники конкурентных преимуществ в составе ресурсов, чтобы определить направление инвестиций, без которых выход из кризиса затянется. При существующей скорости смены технологий невозможно удерживать конкурентные преимущества длительное время, поэтому актуальной становится задача мониторинга и быстрого реагирования на изменение комплексного потенциала как совокупности различных ресурсов.

Материалы и методы. Ключевые компетенции обнаруживаются только путем сравнения с конкурентами в условиях хорошо организованной информационной системы региона, способной аккумулировать и предоставлять по требованию бизнес-информацию для развития цивилизованных бизнес-отношений в сфере перевозок. Процесс наблюдения за конкурентным рейтингом предприятия как структурный элемент методологии ресурсной стратегии на основе интеграционно-приоритетного подхода позволяет определить его ключевые компетенции.

Результаты. На основе использования факторного анализа представлена модель, в которой конечный показатель (конкурентный рейтинг предприятия) раскладывается по видам потенциалов.

Обсуждение и заключение. Рассмотрение в качестве конкурентного преимущества любого вида ресурсов предприятия удовлетворяет представлению, принятому изначально в ресурсной теории. Технология наблюдения за конкурентным рейтингом предполагает создание центра реагирования, отслеживающего динамику показателей, ответственных за величину комплексного потенциала.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конкурентный рейтинг, ресурсная стратегия, стратегическое планирование, интеграционно-приоритетный подход, грузовое автотранспортное предприятие, потенциал предприятия, региональная информационная система, ключевые компетенции, стратегические ресурсы, стратегическое управление.

© Н.Н. Чепелева, 2018



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

METHODOLOGY OF ENTERPRISE'S RESOURCE STRATEGY STRUCTURAL ELEMENTS: COMPETITIVE RATING

N.N. Chepeleva

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

ABSTRACT

Introduction. The article deals with the basic structural elements of strategic planning at the motor transport enterprises, especially in the conditions of the international political processes related to the global crisis and the anti-Russian sanctions, which would affect the competitiveness and sustainability of enterprises. Such situation forces to look for competitive advantages sources in the composition of resources to determine the direction of investment, without which the way out of the crisis would drag on. It is impossible to retain competitive advantages for a long time by representing the existing speed of technology change. Therefore, the task of monitoring and rapid response to changing complex potential as a combination of various resources becomes urgent.

Materials and methods. Key competencies are found only by comparison with competitors in a well-organized regional information system, capable of accumulating and providing business information on demand for the development of civilized business relations in the transport field. In addition, the process of the enterprise competitive rating monitoring as a structural element of the resource strategy methodology based on the integration-priority approach allows determining its key competencies.

Results. Basing on the factor analysis' usage, the model, in which the final indicator (competitive rating of the enterprise) is decomposed according to the types of potentials, is presented. Consideration as a competitive advantage of enterprise resources' type satisfies the idea accepted initially in the resource theory.

Discussion and conclusions. Technology monitoring of competitive rating implies the creation of the response center, which would control the indicators' dynamic responsible for the complex potential magnitude.

KEYWORDS: competitive rating, resource strategy, strategic planning, integration-and-priority approach, freight transport enterprise, enterprise potential, regional information system, key competencies, strategic resources, strategic management

© N.N. Chepeleva, 2018



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

ВВЕДЕНИЕ

Череда непредсказуемых событий и негативных для экономики России последствий привели к ответным действиям, направленным на изменение структуры экономики и развитию отдельных отраслей за счет некоторого снижения зависимости от импорта. Сырьевая направленность российской экономики – проблема, определившая стремление расширить использование нематериальных ресурсов [1, с. 113; 2, с. 15].

Сложность идентификации нематериальных ресурсов не вызывает сомнения [3, с. 29–30] и уже длительное время является препятствием для полноценного развития ресурсной теории менеджмента [4, с. 11–12]. Чтобы сделать правильный выбор направлений развития и вложения инвестиций, нужно понимать, какими ресурсами обладает предприятие, что, в свою очередь, невозможно осуществить в автономном режиме, учитывая отсутствие четкого определения как самих нематериальных ресурсов, так и понимания сущности ключевых компетенций, которые ими поддерживаются. Внимание к нематериальным ресурсам можно объяснить все большей ориентацией конкурентоспособной экономики на применение soft-технологий, которые в основном базируются на разного рода интеллектуальных ресурсах. Однако их описание ограничено лишь метафорами [3, с. 30], что еще больше усложняет понимание их сути.

Поскольку, с точки зрения ресурсного взгляда на природу фирмы, ресурсы представляют собой все, что обеспечивает работу предприятия [4, 5, 6, 7, 8], на основе изучения различных классификаций ресурсов было предложено рассматривать ресурсы предприятия как базовые [9, с. 10], обеспечивающие и стратегические [10; 11, с. 60]. Учитывая тот факт, что быстрая смена технологий и легкий доступ к ним создают условия, при которых долгосрочных конкурентных преимуществ добиться невозможно [12, с. 84], необходима методика, позволяющая идентифицировать, какие из ресурсов их поддерживают. Это «...помогает понять потенциал <...> развития и создает основу для активного управления самыми ценными ресурсами...», поскольку «... сопоставление ключевых компетенций и возможностей рынка – один из способов ограничения набора стратегических альтернатив» [3, с. 36].

Состав ключевых компетенций зависит от состояния сегмента рынка, на котором пред-

приятие функционирует, его конъюнктуры, конкурентоспособности других предприятий-участников и от состояния самого предприятия. С другой стороны, невозможность в долгосрочной перспективе удерживать уровень конкурентоспособности за счет постоянного состава ресурсов в соответствии с ресурсной теорией менеджмента позволяет сказать, что в разные моменты времени стратегическим могут стать любые из имеющихся материальных, трудовых или нематериальных ресурсов.

Возникает потребность, во-первых, в бизнес-интеграции предприятий с целью обмена деловой информацией, а во-вторых, в определении в отдельные периоды времени стратегических ресурсов предприятий, зарегистрированных в данной системе. В нестабильной среде добиться стратегического превосходства за счет использования собственных ресурсов невозможно [13]. Поэтому без построения региональной информационной системы автомобильного транспорта (РИСАТ) процесс стратегического планирования на предприятиях грузового автомобильного транспорта, в том числе на малых, представляется необъективным, так как нельзя быть уверенным в правильности идентификации ключевых компетенций и достоверности собранной информации. Функционирование подобной системы, напротив, позволит определить приоритеты развития и сформировать эффективную ресурсную стратегию.

Построение ресурсной стратегии с позиций интеграционно-приоритетного подхода, синтезирующего ресурсный и отношенческий взгляд теории стратегического менеджмента, предполагает наличие ряда ее структурных элементов [14]:

- оценка комплексного потенциала как совокупности ресурсов предприятия;
- определение конкурентного рейтинга, подразумевающего сопоставление показателей работы с показателями других предприятий;
- идентификацию ключевых компетенций;
- определение состава стратегических ресурсов для формирования ресурсной стратегии.

Таким образом, бизнес-интеграция позволяет определить кластеры (группы) предприятий, схожих по потенциалу и конкурирующих на определенном рыночном сегменте за счет использования собственных ключевых компетенций. Конкурентная борьба внутри кластера

представляется как взаимовыгодное развитие за счет особенностей совокупности ресурсов, что позволяет участникам получать относительные выгоды [15, 16], а также способствует развитию ресурсной теории.

Кластерная интеграция сегодня входит в сферу интересов многих ученых, но одними из первых на нее обратили внимание М. Портер (еще два десятилетия назад) [17], а также К. Кетелс и М. Дельгадо [18, 19, 20], считавшие, что это базис экономического развития, его движущая сила. Особенно выражен кластерный характер на уровне региональной экономики [21, с. 500]. Ее дальнейшее развитие должно осуществляться с помощью кооперации и координации на основе консультирования и улучшения культуры бизнес-отношений, очевидно, с помощью органов государственной власти [21, с. 506] через совершенствование нормативно-правовых вопросов [22].

Но главной проблемой на пути решения данного вопроса остается все же не неразвитость нормативно-правового механизма, обеспечивающего создание кластерных структур, а нежелание заметить положительные эффекты кластеризации в различных отраслях экономики основными участниками бизнес-процессов [23]. Между тем создание в регионе различных объединений на добровольной основе способствует совершенствованию экономических отношений и деятельности в конкурентной среде [24, с. 274] и позволяет решать широкий круг вопросов, поскольку они в целом укрепляют потенциал предприятий любых направлений деятельности.

Определение конкурентного рейтинга предприятия позволяет укреплять репутацию за счет регулярного раскрытия деловой информации, а также является «индикатором экономической стабильности и инвестиционной привлекательности» [25]. Следовательно, изменение рейтинга свидетельствует об изменении эффективности и устойчивости деятельности относительно конкурентов, что вызвано динамикой потенциала и подтверждается показателями его оценки [26].

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА КОНКУРЕНТНЫМ РЕЙТИНГОМ ПРЕДПРИЯТИЯ

Процедура наблюдения за конкурентным рейтингом грузового автотранспортного предприятия независимо от масштаба его деятельности предполагает обнаружение динамики

показателей, формирующих комплексный потенциал и влияющих на рейтинг. С целью повышения результативности мониторинга целесообразно создание центра реагирования на указанные изменения. Каждое предприятие имеет отраслевую специфику работы и отличия, обусловленные составом и структурой ресурсов. Однако можно выделить общие принципы организации эффективной работы данного подразделения.

Прежде всего, эффективная работа центра реагирования грузового автотранспортного предприятия возможна при сотрудничестве с РИСАТ. Использование финансовой отчетности недостаточно, так как срок ее предоставления не соответствуют требованиям оперативности.

Второй принцип при создании центра реагирования предполагает учет особенностей транспортной отрасли. Изменение рейтинга происходит под воздействием различных факторов, но для транспортных предприятий наибольшее значение имеют следующие показатели, определяющие его рыночные позиции:

- коэффициенты физического износа и обновления подвижного состава, его удельный вес;
- прирост объема перевозок и доля услуг на региональном рынке;
- потери рабочего времени при техническом обслуживании и ремонте;
- размер прибыли на одного водителя и рентабельность перевозок;
- экономичность информации;
- показатель новизны и эффективности предоставляемых услуг.

Центр реагирования должен контролировать внутреннюю информационную систему, собирать информацию для расчета показателей, формирующих комплексный потенциал, предварительно оценивать динамику комплексного потенциала и составлять прогноз уровня конкурентного рейтинга. Центр обменивается сведениями с РИСАТ, поддерживает процесс наблюдения за конкурентным рейтингом и обосновывает необходимость корректировки ресурсной стратегии. Автоматизация процессов наблюдения, прогнозирования и анализа динамики показателей – необходимые требования, как и проведение экспертизы мероприятий ресурсной стратегии с точки зрения влияния на уровень конкурентного рейтинга.

На предприятиях малого бизнеса функции центра реагирования остаются у руководите-

ля. Он составляет общий план наблюдения и определяет состав контрольных показателей, при изменении которых корректируется ресурсная стратегия, контролирует анализ отклонений, вносит предложения и определяет эффективность предпринимаемых действий. Руководитель выполняет аналитическую работу: разрабатывает модель реагирования на изменение основных показателей и экономическое обоснование управленческих решений.

В состав центра могут входить специалисты, осуществляющие технический контроль сбора и анализа данных, его оптимизацию, автоматизацию и разрабатывающие формы сбора информации. Они собирают информацию, контролируют отклонения, определяют показатели и факторы, способные повлиять на потенциал и конкурентный рейтинг предприятия.

В существовании и эффективной работе центра реагирования заинтересован прежде всего руководитель, предоставляющий доступ сотрудникам к информации. РИСАТ помогает централизованно определить состав информации, необходимой для расчетов показателей транспортных предприятий, зарегистрированных в системе.

Работа центра может быть эффективной, если существует обратная связь с внешней средой, поскольку рейтинг конкурентоспособности отражает способность реализовать комплексный потенциал в определенных условиях и соответствие требованиям рынка. Необходимо следить, как предпринимаемые действия влияют на величину рейтинга и правильно ли классифицированы стратегические ресурсы. Результаты позволят определить положение на рынке относительно других предприятий, подключенных к РИСАТ. В случае негативной динамики центр обнаруживает сферы проблем и формирует решения.

Самостоятельный сбор информации в открытых источниках малопродуктивен, потому что некоторые отклонения останутся незамеченными, а возможности усиления конкурентных позиций – упущены. Поэтому участники должны обмениваться деловой информацией по единой методике. В этом случае точность определения рейтинга будет высокой, процедура наблюдения – информативной, а выявленные отклонения позволят устранять возникающие проблемы.

Недостаточно знать об изменениях рейтинга, нужно определить источник отклонений: функциональные сферы предприятия, изменение рейтинга конкурентов и т.д.

ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА КОМПЛЕКСНОГО ПОТЕНЦИАЛА, ФОРМИРУЮЩЕГО КОНКУРЕНТНЫЙ РЕЙТИНГ ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Факторный анализ отклонений проводится для выявления и детальной оценки каждого фактора, вызывающего изменение конкурентного рейтинга предприятия любой отрасли экономики и масштабов бизнеса. В данном случае анализ представляет собой модель, в которой конечный показатель (значение конкурентного рейтинга грузового автотранспортного предприятия) раскладывается по факторам – видам потенциалов. Основой проведения факторного анализа служит, прежде всего, динамика конкурентного рейтинга предприятия, а затем – динамика значений видов его потенциала, детализированная по составляющим показателям. Возможны несколько вариантов (таблица).

Решение задач факторного анализа предполагает:

- выявление динамики и анализ отклонений показателей финансово-имущественного, Π_1 , производственного, Π_2 , кадрового, Π_3 , информационно-маркетингового, Π_4 , информационного, Π_5 , рыночного, Π_6 и управленческого, Π_7 видов потенциала [27]. Их изучение помогает найти резервы улучшения рыночного положения за счет возникающих возможностей;
- анализ изменений нормативных (рекомендуемых) значений показателей, формирующих комплексный потенциал, покажет изменения рынка и состояние его участников;
- сравнение показателей с аналогичными показателями конкурентов. Это придаст объективность оценке потенциала, проверит его соответствие условиям функционирования и поможет оценить величину конкурентного рейтинга.

Анализ отклонений в процессе наблюдения за конкурентным рейтингом транспортного предприятия предполагает изучение динамики следующих показателей.

1. Изменение финансово-имущественного потенциала, $\Delta \Pi_1$:

$$\Delta \Pi_1 = \Pi_1^{тек} - \Pi_1^{пред},$$

где $\Pi_1^{тек}$, $\Pi_1^{пред}$ – величина финансово-имущественного потенциала в текущем и, соответственно, предыдущем периодах.

Положительное значение $\Delta \Pi_1$ свидетельствует о наращении финансово-имуществен-

Таблица
ДИНАМИКА КОНКУРЕНТНОГО РЕЙТИНГА ПРЕДПРИЯТИЯ:
ПРИЧИНЫ И ЗАДАЧИ ПРОЦЕССА НАБЛЮДЕНИЯ
Table
ENTERPRISE'S COMPETITIVE RATING DYNAMICS:
CAUSES AND OBJECTIVES OF OBSERVATION PROCESS

Динамика конкурентного рейтинга	Показатели комплексного потенциала и внешние условия	Причины динамики	Задачи процесса наблюдения
Отрицательная	Показатели комплексного потенциала имеют нормативное значение. Ухудшение внешних условий для предприятия	Технологический прорыв конкурентов или появление предприятий с высоким потенциалом. Методы и технологии устаревают, что снижает привлекательность у клиентов	Сопоставление показателей комплексного потенциала с лучшими отраслевыми значениями для выявления слабых мест. Корректировка ресурсной стратегии
Отрицательная	Показатели комплексного потенциала снижаются. Рыночные условия неизменны	Ухудшение работы предприятия	Определение причин невыполнения ресурсной стратегии для их устранения или корректировка стратегии
Положительная	Не изменяются	Конкуренты не справляются с удержанием занимаемой ранее доли рынка, например в результате негативного влияния внешних факторов на их работу. Правильно и эффективно спланированная ресурсная стратегия. Развитие событий ожидаемо и прогнозируемо	Определить, как предприятие удерживает заданный уровень показателей, по какой причине внешняя среда не оказывает такого негативного влияния, как на конкурентов. Корректировка ресурсной стратегии для закрепления успеха и усиления потенциала
Положительная	Неизменные условия. Показатели, формирующие комплексный потенциал, улучшаются	Ресурсная стратегия эффективна, ее реализация приносит результаты	Выявить сферы, максимально влияющие на рост конкурентного рейтинга для корректировки состава стратегических ресурсов

Источник: исследование автора.

ного потенциала предприятия в результате эффективной реализации ресурсной стратегии. Динамика показателя может привести к изменению конкурентного рейтинга, поэтому необходимо передать изменившиеся значения показателей в региональную информационную систему для обновления данных и пересчета рейтинга других участников. Работа региональной информационной системы позволяет собирать сведения по единой методике и делает расчет рейтинга объективным и точным. Для определения влияния динамики финансово-имущественного потенциала на конкурентный рейтинг необходимы сведения о следующих показателях:

– коэффициент текущей ликвидности (Π_{11}) – отношение суммы денежных средств, финансовых вложений, краткосрочной дебиторской задолженности и запасов к текущим обязательствам;

– коэффициент финансирования (Π_{12}) – отношение величины собственного капитала к величине заемного капитала;

– коэффициент маневренности собственного капитала (Π_{13}) – отношение величины собственных оборотных средств к величине собственного капитала;

– оборачиваемость активов (Π_{14}) – отношение выручки от реализации к средней стоимости активов;

– коэффициент автономии (Π_{15}) – отношение величины собственных оборотных средств к общей величине основных источников.

2. Изменение величины производственного потенциала, $\Delta \Pi_2$:

$$\Delta \Pi_2 = \Pi_2^{\text{тек}} - \Pi_2^{\text{пред}},$$

где $\Pi_2^{\text{тек}}$, $\Pi_2^{\text{пред}}$ – величина производственного потенциала текущего и, соответственно, предыдущего периодов.

Для определения величины производственного потенциала необходимы данные о следующих показателях:

– коэффициент физического износа подвижного состава (Π_{21}) – рассчитывают как сумму износа автомобилей к остатку их стоимости;

– коэффициент обновления подвижного состава (Π_{22}) – отношение стоимости нового подвижного состава к его стоимости на конец периода;

– доля подвижного состава в общем объеме ОПФ (Π_{23}) – отношение стоимости подвижного состава к стоимости основных производственных фондов;

– фондоотдача (Π_{24}) – рассчитывается как соотношение двух показателей: выручки и материально-технической базы предприятия;

– прирост объема перевозок (Π_{25}) – определяется как соотношение объема перевозок текущего периода к предыдущему периоду.

3. Изменение значения кадрового потенциала, $\Delta \Pi_3$:

$$\Delta \Pi_3 = \Pi_3^{тек} - \Pi_3^{пред},$$

где $\Pi_3^{тек}$, $\Pi_3^{пред}$ – величина кадрового потенциала в текущем и, соответственно, предыдущем периодах.

Для определения динамики кадрового потенциала рассчитывают:

– коэффициент текучести кадров (Π_{31}) – количество принятых и уволенных работников к их среднесписочной численности за период;

– производительность труда (Π_{32}) – первоочередное значение имеет производительность труда водителей, поэтому для определения показателя рассчитывают соотношение объема перевозок и численности водителей;

– потери рабочего времени при техническом обслуживании и ремонте (Π_{33}) – соотношение потерь времени к фонду рабочего времени;

– фондовооруженность (Π_{34}) – стоимость подвижного состава к численности водителей. В расчет принимаются только основные производственные работники транспортного предприятия, водители;

– прибыль, приходящаяся на одного водителя (Π_{35}) – сумма прибыли, деленая на численность водителей. Поскольку основным видом деятельности – транспортной работой – заняты непосредственно водители, то при расчете кадрового потенциала учитывается именно водительский состав.

4. Изменение информационно-маркетингового потенциала, $\Delta \Pi_4$:

$$\Delta \Pi_4 = \Pi_4^{тек} - \Pi_4^{пред},$$

где $\Pi_4^{тек}$, $\Pi_4^{пред}$ – величина информационно-маркетингового потенциала в текущем и, соответственно, предыдущем периодах.

Для определения динамики информационно-маркетингового потенциала рассчитываются показатели:

– экономичность информации (Π_{41}) – отношение затрат на сбор и анализ информации к общим затратам предприятия на перевозки грузов. При расчете показателя можно принять величину затрат по содержанию центра реагирования на изменения конкурентного рейтинга предприятия;

– доля услуг на региональном рынке (Π_{42}) – соотношение объема перевозок предприятия и общего регионального объема перевозок за анализируемый период;

– рентабельность перевозок (Π_{43}) – соотношение чистой прибыли от перевозок и общих затрат на перевозки.

5. Изменение значения информационного потенциала, $\Delta \Pi_5$:

$$\Delta \Pi_5 = \Pi_5^{тек} - \Pi_5^{пред},$$

где $\Pi_5^{тек}$, $\Pi_5^{пред}$ – величина информационного потенциала в текущем и, соответственно, предыдущем периодах.

Для определения динамики информационного потенциала необходимы показатели:

– эффективность рекламы (Π_{51}) – количество случаев эффективного использования рекламы, подтвержденных документально к общему количеству случаев использования рекламы. Эффективность использования рекламы выражается в отклике потребителей и затратах на нее. Если затраты на рекламу вне зависимости от ее вида не превышают прибыль, полученную предприятием в случае обращения клиентов, то это можно рассматривать как эффективную рекламную политику предприятия. В данном случае не имеет значения количество обращений, поскольку даже недорогие виды рекламы могут привлекать достаточное количество клиентов для ее окупаемости;

– коэффициент эффективности использования информации (Π_{52}) – рассчитывается как соотношение количества случаев эффективного использования информации, подтвержденное документально, к общему количеству

информации. В данном случае предполагается определить, насколько эффективно предприятие использует получаемые из различных источников сведения. Если допустить, что затраты на содержание центра реагирования ниже эффекта, получаемого предприятием от использования полученных сведений, то это – случай эффективного использования информации;

– коэффициент непрерывности информационного потока (Π_{53}) – рассчитывается как частное от фактической и нормативной длительности управленческого цикла. Под управленческим циклом понимается завершённая последовательность действий, направленных на достижение поставленной цели – эффективной реализации ресурсной стратегии. Нормативная длительность управленческого цикла – время на реализацию запланированных мероприятий. Фактическая – время получения результата от реализации ресурсной стратегии с учетом корректировки на основе полученной информации об изменении рейтинга. Частота повторения управленческого цикла зависит от развития рыночной ситуации и комплексного потенциала предприятия и происходит, как правило, непрерывно. Предприятие может достичь цели – эффективной реализации ресурсной стратегии – в течение одного или нескольких управленческих циклов.

6. Изменение величины рыночного потенциала, $\Delta \Pi_6$:

$$\Delta \Pi_6 = \Pi_6^{тек} - \Pi_6^{пред},$$

где $\Pi_6^{тек}$, $\Pi_6^{пред}$ – величина рыночного потенциала в текущем и, соответственно, предыдущем периодах.

Для определения динамики рыночного потенциала необходимы значения следующих показателей:

– показатель новизны предоставляемых услуг (Π_{61}) – рассчитывается как соотношение объема новых к общему объему услуг предприятия;

– коэффициент оборачиваемости дебиторской задолженности (Π_{62}) – отношение выручки к среднегодовой дебиторской задолженности;

– эффективность услуг (Π_{63}) – соотношение роста спроса и затрат на внедрение услуги. Рост спроса рассматривается как рост выручки от внедряемых услуг.

7. Изменение управленческого потенциала, $\Delta \Pi_7$:

$$\Delta \Pi_7 = \Pi_7^{тек} - \Pi_7^{пред},$$

где $\Pi_7^{тек}$, $\Pi_7^{пред}$ – величина управленческого потенциала в текущем и, соответственно, предыдущем периодах.

Для определения динамики управленческого потенциала необходимы перечисленные ниже показатели:

– экономическая эффективность управленческой деятельности (Π_{71}) – соотношение чистой прибыли и числа административно-управленческих сотрудников;

– доля управленцев в общей численности работников (Π_{72}) – количество административно-управленческого персонала, деленное на среднесписочную численность сотрудников;

– коэффициент неорганизованности производства (Π_{73}) – соотношение количества автомобилей, готовых к эксплуатации и автомобилей, вышедших на линию;

– коэффициент надежности системы управления (Π_{74}) – отношение количества нереализованных решений к общему количеству принятых решений. В данном случае количество нереализованных решений должно стремиться к минимуму, так как одной из задач центра реагирования является предварительный расчет результатов от внедрения мероприятий, направленных на корректировку ресурсной стратегии. В случае если затраты на осуществление мероприятий больше, чем ожидаемый эффект, решение отклоняется и, таким образом, число нереализованных решений сокращается. Совершенно устранить их количество не представляется возможным, так как нельзя проконтролировать все факторы внешней среды, способные оказать влияние на величину потенциала предприятия. Это может привести к ситуации, когда в процессе реализации того или иного решения резко возрастут затраты на его осуществление или предполагаемый эффект в силу непреодолимых обстоятельств резко снизится или не будет получен.

Метод цепных подстановок факторного анализа позволяет определить виды потенциала, которые в значительной степени повлияли на динамику комплексного потенциала предприятия, а также направления динамики.

Величина комплексного потенциала предприятия, $\Pi_{ГАТП}$, определяется по формуле

$$\Pi_{ГАТП} = \sum \Pi_i = \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 + \Pi_4 + \Pi_5 + \Pi_6 + \Pi_7.$$

Следовательно, чтобы узнать, какой из видов потенциала оказал наибольшее влияние

на изменение комплексного потенциала предприятия, необходимо предыдущие значения видов потенциалов поочередно заменить на их текущие значения.

Влияние финансово-имущественного потенциала на изменение комплексного потенциала:

$$\Pi_{ГАТП}^1 = \Pi_1^{тек} + \Pi_2^{пред} + \Pi_3^{пред} + \Pi_4^{пред} + \Pi_5^{пред} + \Pi_6^{пред} + \Pi_7^{пред}.$$

Влияние производственного потенциала на изменение комплексного потенциала предприятия:

$$\Pi_{ГАТП}^2 = \Pi_1^{тек} + \Pi_2^{тек} + \Pi_3^{пред} + \Pi_4^{пред} + \Pi_5^{пред} + \Pi_6^{пред} + \Pi_7^{пред}.$$

Влияние кадрового потенциала на изменение комплексного потенциала предприятия:

$$\Pi_{ГАТП}^3 = \Pi_1^{тек} + \Pi_2^{тек} + \Pi_3^{тек} + \Pi_4^{пред} + \Pi_5^{пред} + \Pi_6^{пред} + \Pi_7^{пред}.$$

Воздействие информационно-маркетингового потенциала на изменение величины комплексного потенциала предприятия:

$$\Pi_{ГАТП}^4 = \Pi_1^{тек} + \Pi_2^{тек} + \Pi_3^{тек} + \Pi_4^{тек} + \Pi_5^{пред} + \Pi_6^{пред} + \Pi_7^{пред}.$$

Воздействие информационного потенциала на изменение величины комплексного потенциала предприятия:

$$\Pi_{ГАТП}^5 = \Pi_1^{тек} + \Pi_2^{тек} + \Pi_3^{тек} + \Pi_4^{тек} + \Pi_5^{тек} + \Pi_6^{пред} + \Pi_7^{пред}.$$

Воздействие рыночного потенциала на изменение величины комплексного потенциала предприятия:

$$\Pi_{ГАТП}^6 = \Pi_1^{тек} + \Pi_2^{тек} + \Pi_3^{тек} + \Pi_4^{тек} + \Pi_5^{тек} + \Pi_6^{тек} + \Pi_7^{пред}.$$

Воздействие управленческого потенциала на изменение величины комплексного потенциала предприятия:

$$\Pi_{ГАТП}^7 = \Pi_1^{тек} + \Pi_2^{тек} + \Pi_3^{тек} + \Pi_4^{тек} + \Pi_5^{тек} + \Pi_6^{тек} + \Pi_7^{тек}.$$

Далее необходимо сравнить полученные результаты:

$$\begin{aligned} \Delta\Pi_{ГАТП}^1 &= \Pi_{ГАТП}^1 - \Pi_{ГАТП}^{пред}, \\ \Delta\Pi_{ГАТП}^2 &= \Pi_{ГАТП}^2 - \Pi_{ГАТП}^1, \\ \Delta\Pi_{ГАТП}^3 &= \Pi_{ГАТП}^3 - \Pi_{ГАТП}^2, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta\Pi_{ГАТП}^4 &= \Pi_{ГАТП}^4 - \Pi_{ГАТП}^3, \\ \Delta\Pi_{ГАТП}^5 &= \Pi_{ГАТП}^5 - \Pi_{ГАТП}^4, \\ \Delta\Pi_{ГАТП}^6 &= \Pi_{ГАТП}^6 - \Pi_{ГАТП}^5, \\ \Delta\Pi_{ГАТП}^7 &= \Pi_{ГАТП}^7 - \Pi_{ГАТП}^6. \end{aligned}$$

Суммарное влияние изменений всех видов потенциалов на комплексный потенциал предприятия определяется по формуле

$$\Delta\Pi_{ГАТП} = \Delta\Pi_{ГАТП}^1 + \Delta\Pi_{ГАТП}^2 + \Delta\Pi_{ГАТП}^3 + \Delta\Pi_{ГАТП}^4 + \Delta\Pi_{ГАТП}^5 + \Delta\Pi_{ГАТП}^6 + \Delta\Pi_{ГАТП}^7.$$

Анализ отклонений видов потенциала предприятия, способных повлиять на его конкурентный рейтинг, помогает исключить принятие неэффективных решений и потери при реализации ресурсной стратегии. Даже незначительные отклонения могут, в итоге, привести к ухудшению рыночных позиций предприятия, поэтому необходимы своевременные корректирующие действия и постоянный мониторинг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях возрастающего влияния нематериальных ресурсов на эффективность стратегического планирования руководителям предприятий различных отраслей экономики важно осознать значение информационной интеграции как между подразделениями предприятия, так и во взаимоотношениях с внешней средой, поскольку неосознанность конкурентных преимуществ позволяет выявить их только путем сопоставления с предприятиями-конкурентами, функционирующими совместно в рамках одного рыночного кластера. Большую роль в решении представленной проблемы уже решают корпоративные социальные сети [28], а электронная почта и телефон считаются устаревшими способами общения. С помощью социальных сетей предприятия различных отраслей национальной экономики налаживают обмен знаниями и в целом оптимизируют человеческий капитал как часть нематериальных ресурсов предприятия.

Учитывая особенности рынка грузовых автотранспортных услуг, представленного в большей части малыми предприятиями, можно утверждать, что его участники не могут позволить крупномасштабных рыночных исследований с целью объективного определения ориентиров стратегического развития. Этот факт косвенно подтверждается и стохастическим характером их рыночного поведения.

Усиление конкуренции постоянно ставит

предприятия перед необходимостью пересматривать источники конкурентных преимуществ. Поэтому зачастую, чтобы закрепиться на рынке, руководство использует методы недобросовестной конкуренции, что приводит к отрицательному отбору участников рынка грузоперевозок. В конечном итоге предприятия не имеют ориентиров устойчивого развития, отличаются низким уровнем конкурентоспособности, а потребители вынуждены пользоваться услугами невысокого качества. Учитывая тот факт, что успех стратегического управления может быть достигнут только при правильной самооценке в условиях внешнего окружения, необходимо прежде всего иметь представление о региональных стратегических планах, а затем уже об объективной оценке своего потенциала в области функционирования. Предложенная модель факторного анализа потенциала ГАТП поможет в процессе наблюдения за динамикой рейтинга конкурентоспособности определять причины его снижения или определять резервы повышения потенциала.

Организационные вопросы информационной интеграции должны взять на себя региональные власти наряду с разработкой региональной стратегии развития и определения кластеров предприятий-участников рынка автотранспортных услуг, что поможет более эффективному управлению процессом грузоперевозок в регионе, его упорядочиванию, транспарентности, повышению качества услуг и конкурентоспособности предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орехова С.В., Дубровский В.Ж. Специфика российской модели управления ресурсами фирмы // Журнал экономической теории. 2016. № 4. С. 113–124.
2. Орехова С.В., Леготин Ф.Я. Формирование ресурсной стратегии фирмы в контексте RBV-анализа // Известия Уральского государственного экономического университета. 2015. № 4(60). С. 15–26.
3. Маркова В.Д. Методические аспекты выявления ключевых компетенций компании // Экономическая наука современной России. 2014. № 1 (64). С. 29–37.
4. Тамбовцев В.Л. Стратегическая теория фирмы: состояние и возможное развитие // Российский журнал менеджмента. 2010. Том 8. № 1. С. 5–40.
5. Amit R., Shoemaker P. J. H. Strategic assets and organizational rent // Strategic Management Journal. 1993. Vol. 14. P. 33–46.
6. Bollinger A. S., Smith R. D. Managing organizational knowledge as a strategic assets // Journal of Knowledge Management. 2001. Vol. 5. № 2. P. 8–18.
7. Peteraf M.A. The cornerstones of Competitive Advantage: a resource-based view // Strategic Management Journal. 1993. № 14 (3). P. 5–16.
8. Wernerfelt B. A Resources-based View of the Firm // Strategic Management Journal. 1984. Vol. 5. P. 171-180.
9. Клейнер Г.Б. Ресурсная теория системной организации экономики // Российский журнал менеджмента. 2011. № 3. С.3–28.
10. Чепелева Н.Н. Теоретические основы ресурсной стратегии предприятия // Журнал экономической теории. 2014. № 1. С. 52–66.
11. Чепелева Н. Н. Модель формирования ресурсной стратегии предприятия на основе интеграционно-приоритетного подхода // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 4-2(11). С. 59–62.
12. Орехова С.В., Леготин Ф.Я. Механизмы инвестирования в ресурсы предприятия: обоснование выбора и российская специфика // Известия Уральского государственного экономического университета. 2016. № 1(63). С. 80–89.
13. Орехова С.В. Институциональные факторы выбора ресурсной стратегии предприятия // Journal of Institutional Studies. 2016. Т.8. № 4. С. 106–122. doi: 10.17835/2076-6297.2016.8.4.106-122.
14. Чепелева Н.Н. Структурные элементы ресурсной стратегии грузового автотранспортного предприятия: технология определения конкурентного рейтинга // Вестник Омского университета. Серия: Экономика. 2016. № 4. С. 132–138.
15. Dyer J.H., Singh H. The Relation View: Cooperative Strategy and Sources of Interorganizational Competitive Advantage // The Academy of Management Review. 1998. Vol. 23. No 4. pp. 660-679.
16. Третьяк О.А. Отношенческая парадигма современного маркетинга // Российский журнал менеджмента. 2013. Т. 11. № 1. С. 41–62.
17. Porter Michael E. Clusters and the New Economics of Competition // Harvard Business Review. 1998. November / December. P. 77-90.
18. Ketels Christian H. M., Memedovic O. From clusters to cluster-based economic development

// Int. J. Technological Learning, Innovation and Development. Vol. 1. № 3. 2008. P. 375-392.

19. Ketels Christian H.M. Cluster-based Economic Development: What Have We Learned? [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=47012> (дата обращения: 14.09.2017).

20. Delgado M., Porter M., Stern S. Definint Clusters of Related Industries // Journal of Economic Geography. 2015. № 3. P. 1-38. doi: 10.1093/jeg/lbv017.

21. Пустынникова Е. В., Ускова Е. О. Формирование конкурентных преимуществ корпоративных структур на основе интеграции кластерного типа // Экономика региона. 2017. Т. 13. Вып. 2. С. 500-510. doi: 10.17059/2017-2-15.

22. Бочкова Е.В. Нормативно-правовой механизм формирования кластерных структур в России // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2013. № 8. С. 7–14.

23. Семенова Е.А. Формирование эффективной кластерной политики как основа стратегии инновационного развития [Электронный ресурс]. URL: <http://www.riss.ru/analitika/1563-formirovanie-effektivnoj-klas-ternoj-politiki-kak-osnova-strategii-innovatsionnogo-razvitiya#.VMу8u8lcFuY> (дата обращения: 07.09.2017).

24. Волков А. Экономический механизм повышения конкурентного потенциала предприятий // РИСК: ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2010. № 2. С. 274–280.

25. Марфина К.М. Репутационный рейтинг как инструмент повышения конкурентоспособности компании на рынке // Наука XXI века: актуальные направления развития. 2017. № 1-2. С. 203–205.

26. Табачникова Е.В. Классификация методов повышения потенциала грузового автотранспортного предприятия // Транспортное дело России. 2017. № 1. С.118–121.

27. Чепелева Н. Н. Методические аспекты и инструменты интегральной оценки потенциала грузового автотранспортного предприятия // Проблемы современной экономики. 2016. № 3. С. 100–103.

28. Archer-Brown C., Kietzmann J. Strategic Knowledge Management and Enterprise Social Media // Journal of Knowledge Management, Early cite. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <http://iranarze.ir/wp-content/uploads/2018/04/E6826-IranArze.pdf> (дата обращения: 08.05.2018). doi: 10.1108/JKM-08-2017-0359.

REFERENCES

1. Orekhova S.V. & Dubrovskiy, V.G. Specific ka rossijskoj modeli upravleniya resursami firmy [The specific of the Russian investment resource model]. *Zhurnal ehkonomicheskoy teorii*, 2016, no. 4, pp.113-124. (In Russ.)

2. Orekhova S.V. & Legotin, F.Ya. Formirovanie resursnoj strategii firmy v kontekste RBV-analiza [Designing resource strategy of the firm in the context of RBV-Analysis]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo ehkonomicheskogo universiteta*, 2015, no. 4(60), pp.15-26. (In Russ.)

3. Markova V.D. Metodicheskie aspekty vyyavleniya klyuchevyh kompetencij kompanii [Company's key competencies identification: methodical aspects]. *Ehkonomicheskaya nauka sovremennoj Rossii*, 2014, no. 1(64), pp. 29-37. (In Russ.)

4. Tambovtsev V.L. Strategicheskaya teoriya firmy: sostoyanie i vozmozhnoe razvitie [Strategic Theory of the Firm: State of the Art and Possible Development]. *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta*, 2010, no. 8 (1), pp. 5-40. (In Russ.)

5. Amit R. & Shoemaker, P. J. H. Strategic assets and organizational rent. *Strategic Management Journal*, 1993, no.14, pp.33-46.

6. Bollinger A.S. & Smith, R.D. Managing organizational knowledge as a strategic assets. *Journal of Knowledge Management*, 2001 no. 5 (2), pp. 8-18.

7. Peteraf M.A. The cornerstones of Competitive Advantage: a resource-based view. *Strategic Management Journal*, 1993, no. 14 (3), pp.5-16.

8. Wernerfelt B. A. Resources-based View of the Firm. *Strategic Management Journal*, 1984, no. 5, pp. 171-180.

9. Klejner, G. B. Resursnaja teorija sistemnoj organizacii jekonomiki [Resource-based view and the system organization of economy]. *Rossiyskij zhurnal menedzhmenta*, 2011, no.8 (3), pp. 3-28. (In Russ.)

10. Chepeleva, N.N. Teoreticheskie osnovy resursnoj strategii predpriyatiya [Theoretical foundations of company's resource strategy]. *Zhurnal ehkonomicheskoy teorii*, 2014, no. 1, pp. 52-66. (In Russ.)

11. Chepeleva, N.N. Model' formirovaniya resursnoj strategii predpriyatiya na osnove integracionno-prioritetnogo podhoda [Model of transport company resort strategy's building: integration-and-priority approach]. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2013, no. 4-2 (11), pp. 59-62. (In Russ.)

12. Orekhova, S.V. & Legotin, F.Ya. Mekhanizmy investirovaniya v resursy predpriyati-

ya: обоснование выбора и российская специфика [Mechanisms of investment into company resources: justification of the choice and Russian specifics]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo ehkonomicheskogo universiteta*, 2016, no. 1(63), pp. 80-89. (In Russ.)

13. Orekhova, S.V. Institucional'nye faktory vybora resursnoj strategii predpriyatiya [Institutional choice factors of a resource strategy for firms]. *Journal of Institutional Studies*, 2016, no. 8(4), pp. 106-122. doi: 10.17835/2076-6297.2016.8.4.106-122. (In Russ.)

14. Cepeleva, N.N. Strukturnye ehlementy resursnoj strategii gruzovogo avtotransportnogo predpriyatiya: tekhnologiya opredeleniya konkurentnogo rejtinga [Structural elements of the resource strategy of a freight motor transport enterprise: technology of determining the competitive rating]. *Vestnik Omskogo universiteta. Seriya: Ehkonomika*, 2016, no. 4, pp. 132-138. (In Russ.)

15. Dyer, J.H. & Singh, H. The Relation View: Cooperative Strategy and Sources of Interorganizational Competitive Advantage. *The Academy of Management Review*, 1998, no. 23(4), pp. 660-679.

16. Tretiak, O. Otnoshencheskaya paradigma sovremennogo marketinga [Relational paradigm of modern marketing]. *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta*, 2013, no. 11 (1), pp. 41-62. (In Russ.)

17. Porter, M.E. Clusters and the New Economics of Competition. *Harvard Business Review*, 1998, November / December, pp. 77-90.

18. Ketels Christian H. M. & Memedovic, O. From clusters to cluster-based economic development. *Int. J. Technological Learning, Innovation and Development*, 2008, no. 1 (3), pp. 375-392.

19. Ketels Christian H.M. (2004). *Cluster-based Economic Development: What Have We Learned?* Retrieved from: <http://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=47012> (accessed 14.09.2017).

20. Delgado, M., Porter, M. & Stern, S. Defining Clusters of Related Industries. *Journal of Economic Geography*, 2015, no. 3, 1-38. doi: 10.1093/jeg/lbv017.

21. Pustynnikova E.V. & Uskova, E. O. Formirovanie konkurentnykh preimushchestv korporativnykh struktur na osnove integracii klaster-nogo tipa [Formation of competitive advantages for corporate structures based on the cluster integration]. *Ehkonomika regiona*, 2017, no. 13 (2), pp. 500-510. doi: 10.17059/2017-2-15. (In Russ.)

22. Bochkova E.V. Normativno-pravovoj mekhanizm formirovaniya klasternykh struktur v Rossii [Regulatory mechanism of cluster structure formation in Russia]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, no. 8, pp. 7-14. (In Russ.)

23. Semenova E.A. (2012). *Formirovanie ehffektivnoj klasternoj politiki kak osnova strategii innovacionnogo razvitiya [Formation of effective cluster policy as a basis for innovation development strategy]*. Retrieved from: <http://www.riss.ru/analitika/1563-formirovanie-effekti-noj-klas-ternoj-politiki-kak-osnova-strategii-innovatsionnogo-razvitiya#>. VMy8u8lcFuY (accessed: 07.09.2017). (In Russ.)

24. Volkov A. Ehkonomicheskij mekhanizm povysheniya konkurentnogo potentsiala predpriyatij [Economic mechanism of an increase in the competitors potential of the enterprises]. *RISK: resursy, informaciya, snabzhenie, konkurenciya*, 2010, no. 2, pp. 274-280. (In Russ.)

25. Marfina K.M. Reputacionnyj rejting kak instrument povysheniya konkurentosposobnosti kompanii na rynke [Reputational rating is as a tool of increasing competitiveness level of the company in the market]. *Nauka XXI veka: aktual'nye napravleniya razvitiya*, 2017, no. 1-2, pp. 203-205. (In Russ.)

26. Tabachnikova Y. Klassifikaciya metodov povysheniya potentsiala gruzovogo avtotransportnogo predpriyatiya [Classification methods of increasing capacity of cargo motor transportation enterprise]. *Transportnoe delo Rossii*, 2017, no.1, pp.118-121. (In Russ.)

27. Chepeleva N.N. Metodicheskie aspekty i instrumenty integral'noj ocenki potentsiala gruzovogo avtotransportnogo predpriyatiya [Freight transportation of the enterprise: methodological aspects and tools of the integral evaluation of its potential]. *Problemy sovremennoj ehkonomiki*, 2016, no. 3, pp. 100-103. (In Russ.)

28. Archer-Brown C., Kietzmann J. (2018). Strategic Knowledge Management and Enterprise Social Media // *Journal of Knowledge Management*, Early cite. Retrieved from: <http://iranarze.ir/wp-content/uploads/2018/04/E6826-IranArze.pdf> (accessed 08.05.2018). doi: 10.1108/JKM-08-2017-0359.

Поступила 12.04.2018, принята к публикации 25.06.2018.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: Никто из авторов не имеет фи-

нансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Чепелева Наталья Николаевна – канд. экон. наук, доц. кафедры «Экономика и управление предприятиями» Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (ФГБОУ ВО «СибАДИ»). Основное направление научных исследований – стратегическое планирование деятельно-

сти автотранспортных предприятий. Имеет более 80 опубликованных работ. E-mail: chepelevann@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Natalya N. Chepeleva (Omsk, Russian Federation) – PhD, Associate Professor in the Department of Economics and Enterprises Management, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, 5, Mira Ave., Omsk, Russian Federation, e-mail: chepelevann@mail.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 особое 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 представлено 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 А4, 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 подрисочной 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 – подрисочные подписи, выравнивание по центру). В основном тексте должны содержаться ссылки на них (на рисунке 1.....).

Рисунки и фотографии должны быть яркими 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. Корректурa 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»,

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»

размещена на сайте: <http://vestnik.sibadi.org>